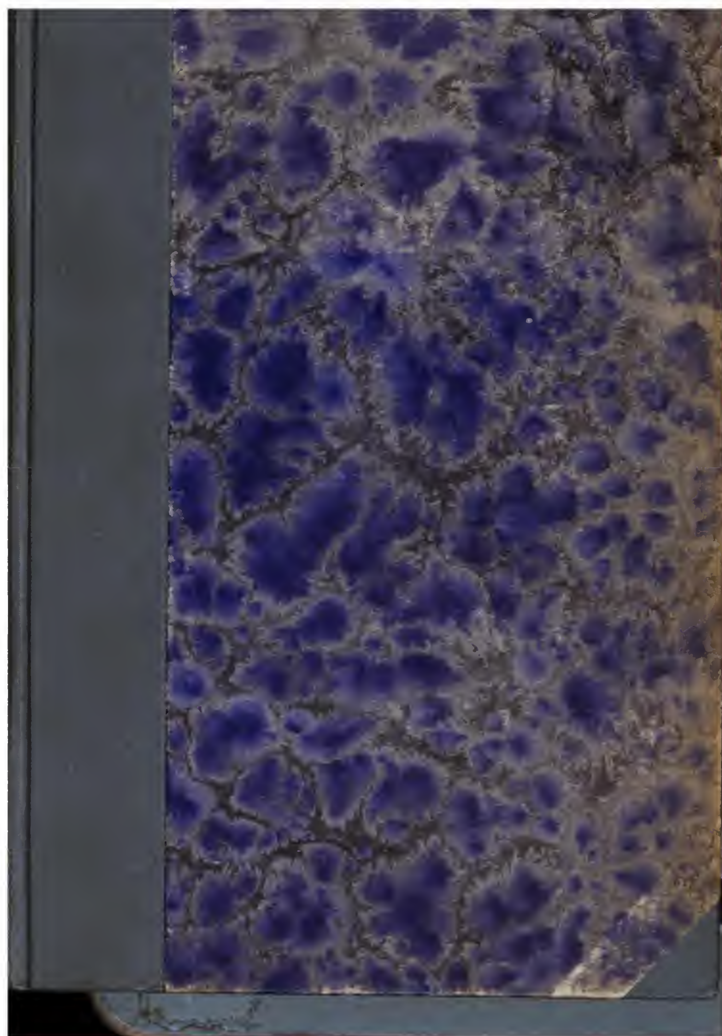
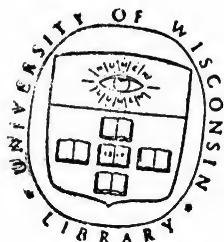







UNIVERSITY OF WISCONSIN
LIBRARY

Complet.
24 Volumes
6,000 -



Klein, Jahrbuch I. Tafel I.

Die Korona der Sonne bei der totalen Finsterniss am 1. Januar 1889.

Photographirt von Professor Pickering.

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

I. Jahrgang 1890.

Mit 5 Tafeln in Lichtdruck und 1 Chromotafel.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1891.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichniss der Tafeln.

Einleitung.

Unter den zahlreichen einzelnen Zweigen der Naturforschung nehmen Astrophysik und Geophysik eine hervorragende Stellung ein. Nicht nur umfassen sie ein grosses, ja das grösste uns zugängliche Forschungsgebiet, sondern die Arbeiten auf demselben erfreuen sich auch eines, weit über den engern Kreis der Fachleute hinausgehenden, allgemeinen Interesses, welches an die Sache selbst geknüpft ist und von Nützlichkeitsfragen nicht beengt wird. Der Himmel über uns und die Erde unter unseren Füssen sind das Unmittelbarste, das Allgegenwärtige, welches uns in der Natur entgegentritt, und es unterliegt auch keinem Zweifel, dass der menschliche Forschungstrieb sich zuerst an Fragen abmühte, welche Bezug auf die Gestirne und auf die Zustände der Erdoberfläche hatten. Jahrtausende langer Arbeit hat es bedurft, um von den ersten, kindlichen Vorstellungen über die Ordnung der Naturerscheinungen und deren Verhältnis zum Menschen vorzudringen bis zu jenen erhabenen Ideen, die wir heute unser eigen nennen. In hohem Grade ist dieser Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnis der Natur durch die Erfindung von Instrumenten gefördert worden, welche gestatten, die Erscheinungen genauer zu prüfen, als dies mit unseren Sinnen unmittelbar möglich wäre. Ohne Fernrohr gäbe es kein Wissen von der Oberflächengestaltung der Sonne, des Mondes, der grossen Planeten, wir

wüssten nichts von den Ringen des Saturn, von den Doppel- und mehrfachen Sternen; ohne Spektroskop wäre die Chemie der Fixsterne unmöglich, und ohne die photographische Camera blieben uns auf immer verborgen jene unsichtbaren Massen, welche gewisse Sterne zu Umlaufsbewegungen zwingen, die weit kürzer sind, als der Umlauf des Mondes um die Erde. Und steigen wir aus den Himmelsräumen auf die Erde herab, so sehen wir, wie uns lediglich das Barometer die ersten Aufschlüsse gegeben hat über die Höhenverhältnisse ausgedehnter Teile unserer Erdoberfläche, über die Bewegungen der aufsteigenden und niedersinkenden Luftmassen in den atmosphärischen Depressionen und den Gebieten hohen Druckes. In gleicher Weise offenbart uns das Thermometer die Wärmeverteilung an der Erdoberfläche und in der Höhe des Luftmeeres wie in der Tiefe der festen Erdrinde. So sind es die Instrumente, welche gleich neuen Organen den Menschen befähigen, die Natur zu befragen und zu begreifen. Aber freilich ist es auch unzweifelhaft wahr, dass der vorzüglichste Teil eines jeden Instrumentes der Mann ist, der es handhabt. Der Aufschwung der Naturwissenschaft ist lediglich bedingt durch das Auftreten jener Männer von hervorragender Geisteskraft, welche es unternahmen, in ernster Arbeit der Natur einen Teil ihrer Geheimnisse zu entringen. Um die Richtigkeit des Goethe'schen Wortes, dass die Natur immer wahr, immer ernst, immer strenge sei, dass sie immer Recht habe, und die Irrtümer stets des Menschen seien, um die Richtigkeit davon vollauf zu empfinden — so sagte jüngst Du Bois-Reymond treffend in der öffentlichen Sitzung der Preussischen Akademie —, „muss man gewohnt sein, indem man als Experimentator oder Beobachter selber Hand ans Werk legt, der Natur ins unerbittliche Antlitz zu schauen, und die, man möchte sagen, ungeheuere Verantwortlichkeit zu tragen, welche in dem Aufstellen auch des geringfügigsten Sachverhaltes liegt. Was in diesem Augenblicke, unter diesen Umständen geschieht, würde unter denselben Umständen vor negativ unend-

licher Zeit auch geschehen sein, nach positiv unendlicher Zeit noch geschehen; das ist der inhaltschwere Sinn jeder richtig gedeuteten Erfahrung. Nur der Mathematiker, dessen Thätigkeit der des experimentierenden Forschers näher verwandt ist, als man sich vorzustellen pflegt, kennt ewig unverbrüchlichen Gesetzen gegenüber das gleiche Gefühl der Verantwortlichkeit. Geschworene Zeugen vor dem Richterstuhle der Wirklichkeit, streben sie beide nach der Erkenntnis der Welt, wie sie ist, innerhalb der uns durch die Natur unseres Intellekts gesteckten Grenzen. Was aber den Forscher für diesen beängstigenden Druck, unter dem er arbeitet, vollauf entschädigt, das ist das Bewusstsein, dass auch die geringste seiner Leistungen ein Schritt vorwärts ist über die höchste Stufe seiner grössten Vorgänger; dass sie möglicherweise den Keim unermesslich wichtiger, theoretischer Einsichten und praktischer Errungenschaften enthält, wie die Wollaston'schen Linien im Spektrum denjenigen der Spektralanalyse; dass solcher Preis nicht bloss dem von der Natur erhobenen Genie, sondern auch dem gewissenhaften Fleisse des mittelmässig Begabten winkt; endlich, dass die Wissenschaft, indem sie dem menschlichen Geiste die Herrschaft über die Natur verleiht, das absolute Organ der Kultur ist; dass ohne sie nie eine wahre Kultur geworden wäre, und dass ohne sie die Kultur mitsamt der Kunst und ihren Werken jeden Tag wieder rettungslos versinken könnte, wie am Ausgange der antiken Welt. Auch darüber tröstet dieses Bewusstsein den Forscher, dass eine gedankenlose Menge, indem sie die ihr so gespendeten Wohlthaten geniesst, kaum weiss, wem sie solche verdankt; dass, während der Name jedes Musikvirtuosen in Aller Munde lebt und der Unsterblichkeit in den Konversations-Lexici's für die gebildeten Stände gewiss ist, bei uns der Name dessen so gut wie unbekannt blieb, dem jener höchste Triumph des erfindenden Menschengeistes gelang, über weite Länderstrecken, über Gebirg und Thal durch einen Kupferdraht den Klang einer Stimme vernehmbar zu machen, gleich als spräche sie uns ins Ohr."

Die bedeutsamen Zirkel, welche im einsamen Gemach der Forscher entwirft, sind aber für die Gesamtheit nicht verloren, sondern wirken wie die Mittelpunkte immer weiter sich ausbreitender Wellensysteme. Indem die Naturforschung nicht nur der körperlichen Bedürftigkeit des Menschen hilfreich entgegenkommt, sondern durch den erweiterten und geschärften Blick in das grosse Weltall geistige Freiheit schafft, arbeitet sie ununterbrochen im Dienste und an der Ausbreitung wahrer Humanität.

Astrophysik.

Auf dem Gebiete der Astronomie tritt die physikalische Richtung in der jüngsten Zeit noch mehr hervor als selbst zu Anfang des gegenwärtigen Jahrzehnts. Nicht als wenn die Theorie und die lediglich mathematischen Theile vernachlässigt würden, denn auch in dieser Beziehung sind bedeutende Arbeiten geliefert worden; allein eine Reihe der wichtigsten astronomischen Entdeckungen knüpft sich doch lediglich an die Benutzung physikalischer Forschungsmethoden, besonders an die Einführung der Photographie in die astronomische Beobachtungskunst. Auf diese Weise sind, wie die folgenden Abschnitte ausführlich berichten werden, jüngst Entdeckungen der überraschendsten Art gemacht worden und noch scheint die Grenze bei weitem nicht erreicht zu sein, an der diese neuen Forschungsmittel versagen werden. Entsprechend diesem Aufblühen haben ältere wie neuere Observatorien die Pflege der Astrophysik in ihren Arbeitsplan aufgenommen und selbst auf Sternwarten wie z. B. Greenwich, woselbst seit alters hauptsächlich nur Ortsbestimmungen der Himmelskörper ausgeführt wurden, trifft man heute spektroskopische und photographische Arbeiten in Ausführung begriffen.

Die nachfolgende Darstellung der vorzugsweise im letzten Jahre bekannt gewordenen astronomischen Arbeiten wird sich hauptsächlich auf die astrophysikalischen Untersuchungen beziehen und diese in der Reihenfolge aufzählen, dass zuerst die Körper des Sonnensystems und hierauf die Untersuchungen und Beobachtungen am Fixsternhimmel vorgeführt werden.

Die Sonne.

Gestalt. Bei allen Untersuchungen über die Dimensionen der Sonne ist deren Gestalt stets als genau kugelförmig betrachtet worden, auch hat sich in keinen zuverlässigen Messungen eine Abweichung der Sonnenscheibe von der genau kreisförmigen Gestalt gezeigt. Einige wenige entgegengesetzte Ergebnisse sind bestimmt irrig. Dagegen haben einzelne frühere Beobachter bisweilen lokale Einbiegungen oder eine Art Ausschnitt am

Sonnenrande wahrzunehmen geglaubt, und zwar dort, wo ein Sonnenfleck im Rande oder sehr nahe am Rande sich befand. Neuere Beobachtungen mit besseren Instrumenten haben diese Wahrnehmungen nicht bestätigt Gleichwohl macht jetzt Dr. Scheiner vom astrophysikalischen Observatorium in Potsdam auf gewisse wirkliche Einbuchtungen am Sonnenrande aufmerksam, die er mit Hülfe der Photographie entdeckt hat, und fordert die Beobachter auf, auf diese Erscheinung zu achten.

Die Rotationsdauer der Sonne ergiebt sich bekanntlich aus der Beobachtung der Sonnenflecke ziemlich verschieden, und zwar deshalb, weil diese Flecke ausser der Umdrehung des Sonnenballes noch eigene Bewegungen auf der Oberfläche desselben besitzen. Indessen haben schon vor mehreren Jahrzehnten Secchi und Zöllner darauf hingewiesen, dass das Spektroskop geeignet ist, die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne zu bestimmen. Da ein Punkt der Sonne auf der uns zugekehrten Seite sich in der Richtung von Osten nach Westen bewegt, so werden die am östlichen Rande befindlichen Punkte sich dem auf der Erde befindlichen Beobachter nähern, die entgegengesetzten des Westrandes aber sich von ihm entfernen. Dabei haben die Punkte des Sonnenäquators die grösste Geschwindigkeit, und zwar von 1.92 *km* in der Sekunde. Beobachtet man nun eine Spektrallinie, z. B. C, am Ostrande der Sonne, welcher sich dem Beobachter nähert, so wird dieselbe im Vergleich zu ihrer Lage, wenn ein Punkt am Pol der Sonnenaxe oder auch bloss in der Mitte der Sonne untersucht wird, sich nach dem Violett hin verschoben zeigen, wogegen dieselbe Linie am Westrande der Sonne, der sich von uns entfernt, eine Verschiebung nach dem Rot hin erleiden wird. Henry Crew hat die Zöllner'sche Methode angewandt [1]), indem er die Spektra des Ost- und des Westrandes der Sonne miteinander verglich. Zweck der Untersuchung war besonders, die Sonnenrotation für eine Zone zu bestimmen, welche etwa 60° weiter vom Äquator liegt als die nach den bisherigen Methoden gemessenen; dann sollten auch einige vorläufige, früher nach der gleichen Methode gewonnene Resultate, einer Prüfung unterworfen werden. Das grosse Spektrometer der John Hopkins Universität, welches zu den Messungen benutzt wurde, hat Rowland'sche Gitter, und auch andere Einrichtungen am Apparate wurden nach dem Vorschlage des Herrn Rowland ausgeführt. Im ganzen sind 34 in den Monaten Juni und Juli ausgeführten Messungen in einer Tabelle, nach den heliographischen Breiten geordnet, zusammengestellt; sie erstrecken sich von 4.4° bis 72.7° der Sonnenbreite. Aus dieser Tabelle ergiebt sich für die relative lineare Bewegung der beiden Ränder am Äquator die Grösse 2.403 ± 0.026 engl. Meilen pro Sekunde. Dies entspricht

[1]) American Journal of Science [3.] **38**. 1889, pag. **204**.

einer siderischen Umdrehungsdauer von 26.23 Tagen oder einer täglichen Winkelbewegung von 824'. Für die Änderung der Winkelgeschwindigkeit hat Henry Crew aus den Messungen der zweiten Reihe nach der Methode der kleinsten Quadrate die Gleichung gefunden $\vartheta = 802' \, (1 - 0.00206 \, \chi^0)$, in welcher ϑ die tägliche Winkelbewegung bedeutet und χ die heliozentrische Breite in Graden ausgedrückt. Diese Formel zeigt, dass nach dem Äquator hin eine Beschleunigung der Rotation stattfindet, während aus der ersten Messungsreihe eine Verzögerung nach dem Äquator zu sich ergeben hatte. Wegen eines Fehlers, der durch die Erwärmung des Apparates veranlasst wird, erschien es zweckmässig, beide Formeln zu kombinieren; man erhält so $\vartheta = 823' \, (1 + 0.00065 \, \chi^0)$. Der Koeffizient von χ ist nun aber so klein geworden, dass man in Berücksichtigung der Beobachtungsfehler ihm keine grosse Bedeutung beilegen kann. Nimmt man ihn als vollgiltig, so giebt er an, dass die Punkte in 45^0 der Breite in einer um 18 Stunden kürzeren Zeit rotieren als Punkte am Äquator, während nach Carringtons Formel für die Sonnenflecke die Rotationsperiode bei 45^0 etwa $2^1/_2$ Tage länger ist, als am Äquator. „Kann dieser Unterschied andeuten, dass das Spektroskop die Geschwindigkeit von Gegenden misst, welche in gewissem Grade den oberen oder unteren „Passaten“ entsprechen, deren Winkelgeschwindigkeit vom Äquator nach den Polen abnehmen muss? Aber man kann sich schwer irgend einen ausreichenden Grund denken für die Bildung von „Passatwinden“ auf der Sonne, da kein sicherer Temperaturunterschied zwischen Äquator und Pol jemals entdeckt worden. Der aus diesen Beobachtungen abgeleitete Schluss geht also dahin, dass keine sichere Änderung der Rotationsdauer mit der Breite durch das Spektroskop entdeckt worden ist.“ Die bisher nach verschiedenen Methoden ausgeführten besten Bestimmungen der siderischen Rotationsperiode der Sonne am Äquator ergaben in Erdentagen folgende Werte: 1. Aus meteorologischen Beobachtungen: Hornstein 24.12; Braun 24.13; van der Stock 24.10; von Bezold (Gewitter) 24.12. Diese Resultate sind sämtlich unsicher. 2. Aus magnetischen Beobachtungen: Hornstein 24.51; Braun 24.16; Liznar 24.29. 3. Aus Fleckenbeobachtungen: Carrington 24.97; Spörer 24.60. 4. Aus Fackelbeobachtungen: Wilsing 25.23 5. Aus spektroskopischen Beobachtungen: Crew 26.23. Aus dieser Zusammenstellung sieht man, dass der niedrigste Wert einer Methode höher ist, als der höchste Wert der zunächst vorangehenden Methode. Dies könnte einen physikalischen Grund haben, nämlich den, dass, wenn man von den zentralen Teilen der Sonne durch die Photosphäre zu den Fackeln und der absorbierenden Schicht aufsteigt, die Winkelgeschwindigkeiten faktisch allmählich abnehmen. Am besten wird es freilich sein, für jetzt von einer Erklärung noch abzusehen und durch fernere Be-

obachtungen, besonders spektroskopische, die Thatsachen zuerst völlig sicher zu stellen.

Die Gesetze der Ortsveränderung, welche die Sonnenflecke zeigen, sind noch immer in grosses Dunkel gehüllt. Auf Grund der angestellten Messungen ist allerdings von verschiedenen Seiten versucht worden, die festgestellten relativen Bewegungen durch mathematische Formeln darzustellen, allein, dass damit ein tieferer Einblick in das eigentliche Wesen, die Ursache der Erscheinung gewonnen worden sei, kann man nicht behaupten. Kürzlich hat nun A. Belopolsky versucht[1]), gestützt auf theoretische Untersuchungen von Shukowsky über die Bewegung fester, mit Flüssigkeit gefüllter Körper, die Bewegungen auf der Sonnenoberfläche zu erklären. Zu diesem Zwecke hat er zunächst Versuche angestellt, um die auf der Sonne vorkommenden Strömungen nachzuahmen. Es wurde bei diesen Experimenten eine Glaskugel von etwa 87 *mm* Radius benutzt, auf deren Oberfläche Meridiane und Parallelkreise gezogen waren. Die Kugel wurde mit Wasser und fein zerteiltem Stearin gefüllt, dann wurde sie auf eine Centrifugalmaschine gebracht, so dass die Parallelkreise dem Horizonte parallel waren, und um ihre senkrechte Axe in langsame Rotation von etwa 40 Umdrehungen in der Minute versetzt. Diese Drehung wurde so lange fortgesetzt, bis alles Wasser bis zur Axe hin mit gleicher Geschwindigkeit rotierte; darauf wurde die Kugel langsamer rotiert und die Verlangsamung so lange fortgesetzt, bis die Kugel zum Stillstand gebracht werden konnte, ohne Wirbelbewegungen an den Wänden hervorzurufen. Sobald die Kugel still stand, wurden die Winkelgeschwindigkeiten infolge der Reibung an den Wänden wie der inneren Reibung des Wassers an der Oberfläche kleiner, als in der Nähe der Rotationsaxe, und die durch die inneren Strömungen mitgeführten Stearinteilchen zogen an der Oberfläche vom Äquator nach den Polen hin, kehrten aber, bevor sie letztere erreichten, im Innern zur Ebene des Äquators zurück. In einigen Fällen gelang es, ein und dasselbe Teilchen bei seiner Zirkulation während dieser Umdrehungen zu verfolgen.

Im ganzen wurden gegen 100 Teilchen während ihrer Bewegung an der Oberfläche beobachtet, und ist deren Geschwindigkeit in verschiedenen Abschnitten ihrer Bahn gemessen, welche vom Parallel 15—20^0 an gut verfolgt werden konnte. Die Teilchen bewegten sich mit Geschwindigkeiten von 1—6^0 in der Sekunde; die Genauigkeit dieser Bestimmungen variierte mit der Geschwindigkeit und war um so höher, je kleiner diese. Belopolsky führt fünf Beobachtungsreihen an, aus denen sich ebenso wie aus der Gesamtheit seiner Versuche ergiebt, dass die Winkelgeschwindigkeit der Teilchen vom Äquator bis zum Parallel von

[1]) Astronomische Nachrichten No. 2954.

45^0-50^0 abnahm und dann wieder wuchs. Die Winkelgeschwindigkeit wird gut durch eine empirische Formel dargestellt, welche der für die Winkelgeschwindigkeit der Sonnenflecke aufgestellten empirischen Formel sehr ähnlich ist. Wenn nun auch über die Rotation der Sonnenoberfläche über den Parallel von 50^0 hinaus nichts bekannt ist, so glaubt Belopolsky aus der Analogie mit seinen Versuchen schliessen zu dürfen, dass auch auf der Sonne die Winkelgeschwindigkeiten von dort an entweder wieder zu wachsen beginnen oder wenigstens nicht mehr abnehmen.

Die Geschwindigkeiten in der Richtung der Meridiane erfolgten in den Experimenten entsprechend den theoretischen Angaben von Shukowsky und zeigten ferner eine Analogie mit den Breitenänderungen der Flecke auf der Sonne, obwohl diese sehr klein sind und durch die Formveränderung der Flecke grösstenteils maskiert werden. Die Geschwindigkeiten in der Richtung des Halbmessers konnten bei den Versuchen nicht ermittelt werden, haben aber auch für den vorliegenden Zweck keine Bedeutung.

Natürlich kann von den Experimenten nicht erwartet werden eine vollkommene Identität des Abhängigkeitsgesetzes der Winkelgeschwindigkeit von der Breite in der Glaskugel und auf der Sonne. Diese beiden Gesetze können nur analoge sein, weil die Zirkulationen von der inneren Reibung, folglich von der Beschaffenheit und den Eigenschaften des zirkulierenden Stoffes abhängig sind. „Soweit jedoch die Analogie gestattet, scheint aus den angeführten Versuchen geschlossen werden zu dürfen, dass die Bewegungen auf der Sonnenoberfläche durch mechanische Wirkungen — verschiedene Winkelgeschwindigkeiten einer inneren Schicht und der Oberfläche — und nicht durch thermische oder äussere Bedingungen erzeugt werden."

Eine genaue und vergleichende Untersuchung des Spektrums eines Sonnenfleckes aus der Zeit eines Minimums und aus derjenigen eines Maximums haben S. J. Perry und A. L. Cortie ausgeführt [1]). Sie beschränken sich dabei jedoch auf den Teil des Spektrums, welcher zwischen der *D*-Linie und der Linie *C* liegt. Aus diesen Studien ergiebt sich, dass die Verbreiterung der schwachen Linien noch unbekannten Ursprunges im Sonnenspektrum sowohl in dem Fleck der Maximum-, wie in dem der Minimumperiode vorkommt, besonders hervorzuheben sind drei Linien 6039.3, 6053.28 und 6061.7, die im gewöhnlichen Sonnenspektrum kaum wahrnehmbar, aber in beiden Flecken stark verbreitert sind. Andererseits ist die Zahl der stark verbreiterten Metalllinien viel grösser im Minimumfleck, als in dem der Maximumperiode; so verhalten sich z. B. die Zahlen bei den Eisenlinien wie 27 zu 8. Ferner wurde keiner von den ver-

[1]) Monthly Notices **49**. 1889, p. 410.

breiterten Eisenlinien des Maximumfleckes in der Chromosphäre hell beobachtet, während nicht weniger als zehn von diesen Linien im Minimumfleck koinzidierende helle Linien haben. Überhaupt ist die Zahl der hellen Chromosphärelinien, welche unter den meist verbreiterten in beiden Flecken beobachtet worden, beim Maximumfleck nur fünf und beim Minimumfleck vierundzwanzig. Endlich ist noch der interessante Unterschied hervorzuheben, dass mehrere Linien des Maximumfleckes sich weit in die Penumbra hinein erweitert zeigten, während im Minimumfleck dies nur einmal beobachtet wurde.

Beobachtungen der Chromosphäre werden seit einigen Jahren auf dem Stonyhorst-Observatorium angestellt. Im Mittel aus den einzelnen Beobachtungen ergab sich[1]):

	1886	1887	1888
mittlere Höhe der Chromosphäre . . .	8.05″	8.13″	8.06″
mittlere Höhe der Protuberanzen . .	24.78	23.86	20.96
mittlere Ausdehnung der Protuberanzen im Bogen	13° 36′	9° 29′	6° 46′
höchste Protuberanzen in jedem Monat	1′ 12.77″	1′ 2.51″	0′ 52″

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung deutlich die Abnahme der Sonnenthätigkeit in Bezug auf Höhe und Ausdehnung der Protuberanzen, eine Abnahme, welche offenbar mit der Sonnenfleckperiode in Beziehung steht.

Die Ergebnisse der spektroskopischen Beobachtungen der Korona gelegentlich der Sonnenfinsternis vom Jahre 1886, hat Dr. Schuster in folgender Weise zusammengefasst[2]):

1. Das kontinuierliche Spektrum der Korona zeigt das Maximum seiner aktinischen Intensität mehr gegen Rot hin als das Sonnenspektrum.

2. Im Jahre 1886 ergaben die Photographien nicht, wie bei zwei früheren Gelegenheiten, Linien ausserhalb der Grenzen der Korona.

3. Calcium und Wasserstoff erscheinen mit ihren Linien nicht im normalen Spektrum der Korona.

4. Die stärkste Koronalinie war 1886 diejenige von der Wellenlänge 4232.8, sie ist wahrscheinlich identisch mit der oft von Young in der Chromosphäre gesehenen Linie von der Wellenlänge 4232.0.

5. Folgendes sind die Positionen der markantesten Korona-Linien:

4056.7	4084.2	4089.3	4169.7	4195.0	4211.8
4280.6	4365.4	4372.2	4378.1	4485.6	4627.9

6. Die Vergleichung der Koronalinien mit den Linien der irdischen Elemente hat ein negatives Resultat ergeben.

Was die Deutung der seltsamen Formen und Strahlen der Korona anbelangt, so hat der amerikanische Astronom

---

[1]) Observatory No. 147 p. 144. [2]) Philos. Transact. **180.** Nature No. 1058.

Schaeberle eine Theorie aufgestellt, welche dieselben sehr gut erklärt[1]). Nach seiner Ansicht wird die Sonnenkorona verursacht durch das Licht, welches ausgesandt und reflektiert wird seitens zahlreicher Ströme einer ohne Zweifel sehr feinen Materie, die in Strömen von der Sonne fortgeschleudert wird, und zwar durch Kräfte, welche senkrecht zur Sonnenoberfläche wirken und am intensivsten auftreten in der Zone, welche auch die meisten Sonnenflecke zeigt, also nahe am Sonnenäquator. Wenn die Ebene der Erdbahn mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfiele, so würde die äussere Gestalt der Sonnenkorona nahezu stets die gleiche sein, da die Erde aber bald über, bald unter der Ebene des Sonnenäquators sich befindet, so verändert sich für uns der Anblick der äusseren Form der Sonnenkorona, indem die einzelnen Ströme einander überdecken und selbst als schräge Strahlen erscheinen. Schaeberle hat, um das Aussehen der Korona gemäss dieser Hypothese genau zu ermitteln, eine Kugel von 1 Zoll Durchmesser mit Nadeln besteckt und, zwar innerhalb zweier Zonen von 30° Breite, entsprechend der Hauptzone der Sonnenflecke zwischen 30° nördl. und 30° südl. Breite. Die längsten Nadeln wurden nahe der Mitte jeder Zone angebracht und dabei ein wenig gegen die Oberfläche der Kugel geneigt. Dieses Modell wurde nun mit parallelen Lichtstrahlen beleuchtet und sein Schatten auf einem Schirm aufgefangen. Nunmehr konnte eine unbegrenzte Menge von Formen auf diesem Schirm hervorgerufen werden, je nachdem man der Kugel eine passende Neigung gab, und diese Formen entsprachen überraschend genau dem Aussehen der Strahlen, welche die Korona zeigt.

Kleine Planeten.

Die Zahl der bekannten Asteroiden, welche zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiters um die Sonne laufen, nimmt noch immer zu, da eine Anzahl Astronomen sich lebhaft mit Aufsuchung dieser Objekte beschäftigt.

Folgendes sind die seit Beginn 1889 neu aufgefundenen kleinen Planeten:

No.	282	entdeckt	von	Charlois	in	Nizza	am	28	Januar	1889
„	283	„	„	„	„	„	„	8.	Februar	„
„	284	„	„	„	„	„	„	29.	Mai	„
„	285	„	„	„	„	„	„	3.	August	„
„	286	„	„	Palisa	„	Wien	„	3.	„	„
„	287	„	„	Peters	„	Clinton	„	15.	Oktober	„
„	288	„	„	Luther	„	Düsseldorf	„	20.	Februar	1890
„	289	„	„	Charlois	„	Nizza	„	10.	März	„
„	290	„	„	Palisa	„	Wien	„	20.	„	„
„	291	„	„	„	„	„	„	25.	April	„
„	292	„	„	„	„	„	„	25.	„	„

[1]) Monthly Notices Roy astr. Soc. **50**. p. 272.

No. 293	entdeckt	von	Charlois	in	Nizza	am	20. Mai	1890
„ 294	„	„	„	„	„	„	15. Juli	„
„ 295	„	„	Palisa	„	Wien	„	17. August	„
„ 296	„	„	Charlois	„	Nizza	„	19. „	„
„ 297	„	„	„	„	„	„	9. Septbr.	„
„ 298	„	„	„	„	„	„	9. „	„
„ 299	„	„	Palisa	„	Wien	„	7. Oktober	„
„ 300	„	„	„	„	„	„	3. „	„
„ 301	„	„	„	„	„	„	16. November	„

Merkur.

Die Rotationsdauer des Merkur ist ein Problem, mit dem sich im gegenwärtigen Jahrhundert kaum jemals ein Astronom ernstlich befasst hat. Man hielt, und nicht mit Unrecht, die Wahrnehmung von Flecken an der Oberfläche dieses Planeten für sehr schwierig und fast unmöglich, so dass eine anhaltende Beschäftigung damit wenig Aussicht auf Erfolg verhiess. Von den früheren Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Merkur sind die Wahrnehmungen eines dunklen Fleckes durch Harding am 18. Mai 1801 und die darauf folgenden Beobachtungen Schröters bis zum 14. Juni wohl die umfassendsten; sie führten zu einer Rotationsdauer von $24^h\ 0^m\ 53^s$. und dieses Resultat wurde lange als wenigstens näherungsweise richtig angesehen. In jüngster Zeit hat jedoch Schiaparelli nachgewiesen, dass es völlig irrig ist, und dass Merkur wie unser Mond in derselben Zeit, in welcher er um die Sonne läuft, sich auch einmal und nur einmal um seine Axe dreht [1]).

„Einige Versuche“, sagt Schiaparelli, „welche ich im Jahre 1881 angestellt, überzeugten mich, dass es möglich sei, nicht allein Flecke auf der Merkurscheibe im vollen Tageslichte zu sehen, sondern auch von diesen Flecken hinlänglich zahlreiche Beobachtungen zu erhalten, und seit dem Beginne des Jahres 1882 entschloss ich mich, das regelmässige Studium dieses Planeten zu unternehmen. Während der acht darauf folgenden Jahre habe ich den Merkur mehrere hundert Male in dem Gesichtsfelde meines Fernrohres gehabt, meistens allerdings mit wenig Nutzen und mit vielem Zeitverluste, weil bald die Luft zu unruhig, bald nicht hinreichend durchsichtig war. Nichts destoweniger ist es mir unter Anwendung der nötigen Geduld gelungen, mehr als 150 mal mit grösserer oder geringerer Schärfe Flecke auf der Planetenscheibe zu sehen und eine hinreichend befriedigende Abbildung derselben zu machen. Ich habe zu diesen Beobachtungen hauptsächlich unser Fernrohr von 8 Zoll Objektivdurchmesser benutzt, dessen Gläser von grösster Vollkommenheit sind und, welches mir oft Beobachtungen gestattet von solcher Schwierigkeit, die gar nicht im Verhältnis zu seiner optischen Kraft steht. Unser grosser Refraktor von 18 Zoll Objektivdurchmesser wurde später aufgestellt, es ist das vollkommenste Werk welches aus dem Atelier von Merz hervorgegangen; dank seiner Benutzung konnte ich meine Arbeit mit grösserem Erfolg fortsetzen und zu vollständigeren und sichereren Resultaten gelangen. Ich betrachte die Ergebnisse, welche dieses Teleskop uns bezüglich des Merkur geliefert hat, als die wichtigsten und kostbarsten, die wir ihm bis jetzt verdanken.

[1]) Atti della Reale Accademia dei Lincei [4.] 5. (2) 1889. p 283.

Ich werde zuerst von der Rotation des Merkur sprechen, welche ich sehr wesentlich verschieden fand von derjenigen, die man vorhanden glaubte auf Grund ungenügender Beobachtungen, die vor nunmehr 100 Jahren von unvollkommenen Teleskopen erhalten waren. Die Art dieser Rotation, deren Bestimmung mir mehrere Jahre Arbeit gekostet hat, kann ich mit wenigen Worten schildern, indem ich sage, dass Merkur sich um die Sonne dreht in der gleichen Weise, wie der Mond um die Erde. Genau so, wie der Mond bei seinem Umlauf um die Erde dieser ungefähr immer dieselbe Seite und dieselben Flecke zeigt, so wendet Merkur bei seinem Umlauf um die Sonne, dieser grossen Quelle seines Lichts, stets ungefähr dieselbe Seite zu. Ich sage ungefähr und nicht genau dieselbe Seite, denn Merkur ist ähnlich wie der Mond dem Phänomen der Libration unterworfen. Beobachtet man den Vollmond, sei es auch nur mit einem kleinen Fernrohr, zu sehr verschiedenen Zeiten, so sieht man, dass stets dieselben dunklen Flecke sich auf den mittleren Teilen seiner Scheibe zeigen. Allein, wenn man diese Flecke genauer ins Auge fasst und ihren Abstand vom östlichen oder westlichen Mondrande misst, so findet man (was Galilei vor etwa 250 Jahren zuerst entdeckte), dass sie um einen gewissen Betrag bald nach rechts, bald nach links schwanken. Diese Erscheinung bezeichnet man mit dem Namen Libration in Länge. Dieselbe rührt hauptsächlich davon her, dass der Punkt, gegen welchen der Mond beständig und fast genau einen seiner Durchmesser richtet, nicht der Mittelpunkt der Erde ist und ebensowenig der Mittelpunkt der Mondbahn, sondern vielmehr derjenige der beiden Brennpunkte dieser Bahn, in welchem die Erde sich nicht befindet. Einem Beobachter, der diesen Punkt einnähme, würde der Mond folglich stets dieselbe Seite zeigen; wir dagegen befinden uns durchschnittlich von diesem Punkte 42000 *km* entfernt, und der Mond wendet uns deshalb bald etwas mehr von seinen östlichen Regionen zu, bald etwas mehr von den westlichen, gleichsam als ob er ein wenig schwanke.

Die Art und Weise, wie Merkur der Sonne sich präsentiert in den verschiedenen Teilen seiner Bahn, ist genau ähnlich. Der Planet wendet ununterbrochen einen seiner Durchmesser nicht demjenigen Brennpunkte seiner elliptischen Bahn zu, in welchem die Sonne sich befindet, sondern dem zweiten. Da aber diese beiden Brennpunkte um nicht weniger als den fünften Teil des ganzen Durchmessers der Merkurbahn von einander entfernt sind, so ist die Libration dieses Planeten sehr gross. Derjenige Punkt des Merkur, welcher senkrecht von den Strahlen der Sonne getroffen wird, verändert seinen Ort auf der Oberfläche dieses Planeten und beschreibt längs dem Äquator desselben einen Bogen von 47 Grad, also mehr wie ein Achtel des ganzen Umfanges. Die vollständige Dauer dieser Bewegung hin und zurück, ist gleich der Zeit, welche Merkur gebraucht, um seine ganze Bahn zu durchlaufen, also ungefähr gleich 88 Erdentagen. Merkur bleibt also orientiert gegen die Sonne wie ein Magnet gegen eine Eisenmasse; aber diese Orientierung gestattet eine gewisse schwingende Bewegung des Planeten gegen Ost und gegen West, ähnlich derjenigen, welche der Mond in Bezug auf uns ausführt.

Diese Oscillation ist von der grössten Wichtigkeit für den physischen Zustand des Planeten. Nehmen wir in der That einmal an, sie sei nicht vorhanden, und Merkur wende stets die gleiche Hemisphäre unverrückt dem Lichte und der Glut der Sonne zu, während die andere Hemisphäre in ewiger Nacht begraben liegt. Derjenige Punkt seiner Oberfläche, welcher der zentrale Pol der erleuchteten Hemisphäre wäre, würde nun ewig die Sonne in seinem Scheitelpunkte sehen. Alle übrigen Teile des Merkur, welche noch von den Sonnenstrahlen getroffen werden, würden ebenfalls die Sonne im nämlichen Punkte über dem Horizont in stets derselben Höhe ohne jede scheinbare Bewegung, ohne jede merkliche Änderung sehen. Folglich würde es keine Aufeinanderfolge von Nächten und Tagen, keinen Wechsel der Jahreszeiten geben, und da Merkur keinen Mond besitzt, so ist es schwer, zu begreifen, woher die Bewohner des

ewigen Tages ein Mittel finden könnten, den Verlauf der Zeit regelmässig zu bestimmen. So sind nun in Wirklichkeit nahezu die Verhältnisse, unter denen sich Merkur befindet. Jene oszillierende Bewegung, welche die Kugel des Merkur, wie wir gesehen haben, in Bezug auf die Sonne besitzt, würde ein Beobachter auf dem Merkur der Sonne selbst beilegen, genau so, wie wir der Sonne eine tägliche Bewegung zuschreiben, welche in Wirklichkeit der Erde zukommt. Für uns scheint die Sonne einen regelmässigen Kreisbogen zu beschreiben, von Ost nach West, und ruft dadurch die 24 stündige Periode von Tag und Nacht hervor; für einen Beobachter auf dem Merkur beschreibt die Sonne hin- und zurückgehend am Himmelsgewölbe einen Bogen von 47 Grad, und die Lage dieses Bogens über dem Horizont bleibt ewig die gleiche. Die Zeitdauer, innerhalb welcher die Sonne diesen Bogen hin und zurück durchläuft, beträgt ganz genau 88 Erdentage. Und je nachdem dieser Bogen, in welchem die Sonne hin und her geht, entweder vollständig über dem Horizonte des Beobachters liegt oder vollständig unter demselben, oder teils über und teils unter ihm, sind die Verhältnisse ganz verschieden, und existiert eine ganz andere Verteilung von Licht und Wärme. In jenen Regionen des Merkur, für welche der genannte Bogen der Sonnenbewegung ganz unter dem Horizont bleibt, ist die Sonne niemals sichtbar, und es herrscht dort ewige Dunkelheit. In diesen Gegenden, welche ungefähr drei Achtel des ganzen Planeten umfassen, herrscht ewige Nacht, nur zufällig unterbrochen durch etwas Helligkeit infolge Refraktion und der atmosphärischer Dämmerung, oder von Nordlichtern und ähnlichen Erscheinungen, unterstützt von dem schwachen Lichte der Planeten und Sterne. Ein anderer Teil des Merkur, welcher ebenfalls drei Achtel der Oberfläche dieses Planeten umfasst, hat den Sonnenbogen stets über dem Horizont. Diese Regionen sind ununterbrochen den Sonnenstrahlen ausgesetzt, dort ist eine Nacht absolut unmöglich. Endlich giebt es noch andere Regionen, welche ein Viertel der Oberfläche des Merkur umfassen, und für welche der Sonnenbogen teils über, teils unter dem Horizont liegt. Dort allein ist ein Wechsel von Tag und Nacht möglich. Für diese bevorzugten Regionen zerfällt die Periode von 88 Tagen in zwei Teile, der eine ist charakterisiert durch anhaltendes Licht und der andere durch ununterbrochene Nacht. Für gewisse Lokalitäten sind Tag und Nacht gleich lang, für andere überwiegt der Tag, wieder für andere die Nacht, je nachdem ein grösserer oder geringerer Teil über dem Horizont liegt.

Auf einem Planeten, der in dieser Art organisiert ist, hängt die Möglichkeit organischen Lebens ab von der Existenz einer Atmosphäre, die imstande ist, die Wärme auf die verschiedenen Regionen zu verteilen der Art, um die ausserordentlichen Extreme von Hitze und Kälte zu mildern. Schon vor einem Jahrhundert vermutete Schröter das Vorhandensein einer solchen Atmosphäre des Merkur; meine eigenen Beobachtungen liefern davon bestimmtere Anzeichen und beweisen deren Vorhandensein mit sehr viel grösserer Wahrscheinlichkeit. Das erste Anzeichen ist die stets merkbare Thatsache, dass die dunklen Flecke auf der Oberfläche des Merkur am deutlichsten sichtbar sind, wenn sie sich nahe der Mitte der Scheibe befinden, dagegen undeutlicher werden und zuletzt verschwinden, sobald sie sich dem Rande nähern. Ich habe mich davon überzeugt, dass diese Erscheinung nicht einfach von der grösseren Schrägheit der perspektivischen Ansicht herrührt, sondern daher, dass sich der Wahrnehmbarkeit der Flecken am Rande ein grösseres Hindernis entgegenstellt. Dieses Hindernis scheint aber nur folgendes sein zu können. Die Strahlen, welche vom Rande der Scheibe ausgehen, haben, um bis zu uns zu gelangen, einen viel längeren Weg in der Atmosphäre des Merkur zurückzulegen, als die Strahlen aus den mittleren Teilen, weil jene die Atmosphäre schräg durchlaufen müssen, um in unser Auge zu gelangen. Man hat also Gründe, zu glauben, dass die Atmosphäre des Merkur weniger transparent ist als diejenige des Mars und in dieser Beziehung mehr unserer

Erdatmosphäre gleicht. Übrigens erscheint der kreisförmige Rand des Planeten, wo die Flecke beginnen, weniger sichtbar zu werden, stets heller als der Rest, aber oft unregelmässig glänzend, an einigen Punkten heller, an anderen weniger. Bisweilen sieht man auf diesem Rande ziemlich helle weisse Regionen, welche mehrere Tage andauern; aber im allgemeinen sind sie wechselnd und zeigen sich bald an dieser, bald an jener Stelle. Ich schreibe diese Erscheinungen Kondensationen zu, welche in der Merkuratmosphäre stattfinden; diese müssen nämlich das Sonnenlicht um so lebhafter reflektieren, je dichter sie sind. Ähnliche weisse Regionen zeigen sich häufig selbst in den innern Teilen der Scheibe, aber dann sind sie nicht mehr so hell als am Rande.

Noch mehr. Die dunklen Flecke des Planeten, obwohl sie in ihrer Form und gegenseitigen Lage konstant sind, erscheinen nicht immer gleich deutlich. Sie sind bisweilen intensiver, oft wieder bleicher, ja es ereignet sich auch wohl, dass der eine oder andere Fleck momentan unsichtbar wird. Diese Eigentümlichkeit kann man wohl kaum einer anderen Ursache zuschreiben als atmosphärischen Kondensationen von ähnlicher Natur, wie unsere Wolken sind, die unserem Blicke bisweilen diesen oder jenen Teil der Merkuroberfläche verdecken. Ein Beobachter, welcher aus der Tiefe des Himmelsraumes unsere Erde betrachtete, würde hier etwas Ähnliches infolge der irdischen Wolken wahrnehmen.

Über die Natur der Merkuroberfläche können wir nur wenig aussagen. Zunächst ist zu bemerken, dass drei Achtel dieser Oberfläche für die Strahlen der Sonne unzugänglich bleiben, daher auch für unser Auge. Von dieser Seite haben wir keine grosse Hoffnung, je etwas Sicheres zu erfahren. Es wird auch grosse Schwierigkeiten haben, eine zuverlässige Kenntnis derjenigen Oberfläche des Merkur zu erhalten, welchen wir sehen können. Die dunklen Flecke, selbst wenn sie nicht durch atmosphärische Kondensationen unsichtbar gemacht worden sind, zeigen sich stets nur in Form von sehr schwachen Schattenzügen; unter gewöhnlichen Verhältnissen kann man sie nur mit grosser Mühe und Aufmerksamkeit wahrnehmen. Bei besseren Gelegenheiten zeigen diese Schatten einen braunen und warmen Ton, wie Sepia. Dieser Ton erhebt sich nur sehr wenig von der gewöhnlichen Farbe des Planeten, welche meist ein lichtes Rosa ist. Es ist sehr schwer, in zufriedenstellender Weise die Gestalt dieser verwaschenen Flecken wiederzugeben, besonders weil ihre Umrisse so wenig Schärfe haben, dass der Willkür ein gewisser Platz bleibt. Indessen habe ich Grund zu der Annahme, dass diese Unbestimmtheit der Umrisse grösstenteils nur scheinbar ist und herrührt von der nicht genügenden optischen Kraft des Fernrohres. Denn je besser die Bilder waren, und je vorzüglicher das Sehen, umsomehr offenbarte sich in diesen matten Flecken eine Tendenz, sich in eine Menge von kleinen Details aufzulösen. Es ist kein Zweifel, dass bei Anwendung eines mächtigeren Teleskopes alles sich in schärfer abgesonderte Gestalten auflösen werde, genau so, wie man mit Hilfe eines Opernglases die dem Auge verwaschen und unbestimmt erscheinenden Mondflecken in eine Menge von scharfen Details auflöst. Gegenüber dieser Schwierigkeit der genauen Wahnehmung der Merkurflecken scheint es nicht leicht, eine auch nur etwas begründete Meinung über ihre Natur zu äussern. Man könnte diese Flecken einfach der Ungleichheit der Materien zuschreiben, welche die feste Oberfläche des Planeten bilden, wie wir wissen, dass es beim Monde der Fall ist. Aber, wenn man in diesen dunklen Flecken irgend etwas unseren Meeren Ähnliches sehen und zu Gunsten dieser Annahme auf die Atmosphäre dieses Planeten und die Kondensationen derselben hinweisen wollte, so glaube ich nicht, dass man dieser Meinung entscheidende Argumente entgegenstellen könnte. Diese Flecke sind nicht zu grossen Massen vereinigt, sondern verteilt nach Strichen und Zonen von geringer Ausdehnung, sehr verästelt und in ziemlich vereinzelter Weise mit mässig hellen Räumen wechselnd. Man muss also schliessen, dass es auf dem Merkur weder

grosse Ozeane, noch grosse Festländer giebt, sondern, dass dort Land und Meer sich gegenseitig durchdringen und so einen Zustand der Dinge begründen, welcher sehr von dem auf der Erde verschieden ist, aber den wir vielleicht beneiden können.

Merkur ist eine Welt, welche ebenso wie Mars von der unserigen verschieden ist Die Sonne erleuchtet und erwärmt ihn weit lebhafter und auf eine ganz andere Art wie unsere Erde. Und wenn Leben auf diesem Weltkörper existiert, so findet es dort Verhältnisse, welche derart von den unserigen abweichen, dass wir kaum wagen, sie uns auszumalen. Die ewige Gegenwart der Sonne, welche fast senkrecht ihre Strahlen auf einen Teil der Merkuroberfläche herabsendet, und die ewige Abwesenheit dieser Sonne für die entgegengesetzte Seite, erscheinen uns in gleicher Weise unerträglich. Dennoch, wenn man darüber nachdenkt, so bemerkt man. dass gerade dieser grosse Kontrast eine viel schnellere Zirkulation der Atmosphäre erzeugen muss, eine viel mächtigere und regelmässigere, als diejenige ist, welche die Elemente des Lebens auf unserer Erde verbreitet. Und vielleicht geschieht es auf diese Weise, dass auf jenem Planeten ein Gleichgewicht der Temperatur herrscht, ebenso vollständig oder vielleicht noch vollkommener als bei uns. Indem Merkur der Sonne stets dieselbe Seite zuwendet, unterscheidet er sich wesentlich von allen anderen Planeten, da diese, so weit man ihre Rotation kennt, in verhältnismässig kurzer Zeit sich um ihre Axen drehen. Aber jene Art der Umdrehung, welche Merkur allein unter den Hauptplaneten zeigt, scheint die gewöhnliche bei den Monden zu sein, wenigstens fand sich dies, so oft es gelang, die Rotation eines solchen Mondes zu studieren. Die Ausnahme, welche Merkur macht, scheint nicht ohne Grund. Sie hängt wahrscheinlich mit seiner Nähe bei der Sonne zusammen und mit dem Umstande, dass er keinen Mond besitzt. Sie hängt, wie ich denke, ab von der Art und Weise, wie Merkur sich bildete in jener Zeit, als das Sonnensystem seine heutige Form erhielt.

Jedenfalls bildet die besprochene Eigentümlichkeit des Merkur ein neues Dokument zu denen, welche die Astronomen berücksichtigen müssen, welche sich mit dem Studium der Entstehung des Sonnensystems beschäftigen".

Venus.

Wie Merkur, so gehört auch Venus zu den Planeten, welche verhältnismässig wenig beobachtet werden, offenbar aus dem Grunde, weil sie der teleskopischen Betrachtung nur eine geringe Ausbeute gewähren. Die Rotationsdauer der Venus schien jedoch durch die Beobachtungen, welche einst de Vico auf der Sternwarte zu Rom angestellt, und die eine Bestätigung der alten Wahrnehmungen von Cassini lieferten, endgültig bestimmt. Neuerdings hat jedoch Prof. Schiaparelli darauf aufmerksam gemacht, dass in dieser Beziehung noch völlige Ungewissheit herrscht [1]), und dass die so oft angeführten Beobachtungen von Domininus Cassini, sowie die Untersuchungen von Jakob Cassini keineswegs denjenigen Grad von Sicherheit darbieten, den man ihnen so lange zugewiesen hat. Ebenso beruhen, wie Schiaparelli ausführlich zeigt, die Folgerungen Schröters über die Rotationsdauer der Venus auf Irrtum; endlich, was zunächst überraschend

---

[1]) Rendiconti del R. Istituto Lombardo, [2.] **23**. Deutsche Übersetzung im Sirius 1889, Heft 5 u. ff.

klingt, aber nach den Ausführungen Schiaparellis nicht weiter zu bezweifeln ist, sind auch die Beobachtungen de Vico's und seines Mitarbeiters Palomba auf der Sternwarte zu Rom durchaus nicht geeignet, die Rotationsdauer der Venus mit Sicherheit zu ergeben. Venus ist, wenn es sich um Wahrnehmung von Flecken auf ihrer Oberfläche handelt, ein überaus undankbares Objekt, wie jeder Beobachter weiss. Trotz langjähriger Bemühungen gelang Schiaparelli nur eine einzige einigermassen ausgedehnte Beobachtungsreihe, in welcher er die fast absolute Unveränderlichkeit mehrerer heller Flecken in der Nähe des südlichen Horns der Venussichel nachweisen konnte. Daraus schliesst der Mailänder Astronom, dass Venus ein Planet von langsamer Rotationsdauer ist und am wahrscheinlichsten bei ihr, wie beim Merkur, Umlaufszeit und Rotationsdauer zusammenfallen.

Der Mond.

Das Studium der Topographie der Mondoberfläche wird von verschiedenen Seiten eifrig betrieben. Dabei handelt es sich indessen nicht um die Herstellung einer neuen Generalkarte des Mondes in grösserem Massstabe als etwa die Karte des Mondes von Schmidt, sondern um das möglichst eingehende Studium kleiner Oberflächenteile unseres Trabanten bei starken Vergrösserungen. Gelegentlich sind dabei Vermutungen über Neubildungen in einzelnen Teilen der Mondscheibe ausgesprochen worden. So glaubte Gaudibert einen neuen Krater auf dem westlichen Ringwalle des Gassendi wahrzunehmen; indessen ergab sich aus den Beobachtungen des Berichterstatters, dass jene Formation schon früher vorhanden war[1]) Grösseres Aufsehen erregte eine Mitteilung von Prof. Thury in Genf, der am Centralkrater des Plinius grosse Veränderungen wahrgenommen zu haben meinte. Die Erklärung dieser Veränderung durch Prof. Thury[2]) ist jedoch völlig irrig und ganz unzulässig. Was zunächst die Thatsache selbst betrifft, so ist die von Thury wahrgenommene Gestalt des Centralkraters auch von mir und noch etwas früher, gesehen worden. Dieses Aussehen des Centralgebirges ist aber gar nichts neues, denn es findet sich schon auf der Mondkarte von Schmidt. Wenn Mädler und Lohrmann auf ihren Karten diesen Doppelkrater nicht haben, so beweist dies nur, dass sie den Centralberg nicht häufig genug beobachteten, um seine wahre Gestalt zu erkennen. Denn schon 1822 und 1826 hat Gruithuisen die beiden Krater gesehen und wie mir die Bearbeitung seines handschriftlichen Tagebuches ergeben hat, waren damals die Sichtbarkeitsverhältnisse beider Kraterhöhlen genau die nämlichen

1) Sirius 1890, S. 5 u. ff. 2) Astronom. Nachrichten No. 2940.

wie heute. Bei zunehmendem Monde, als die Lichtgrenze östlich von Eudoxus lag, „hat Plinius (1822) im Centralberge 2 kohlschwarze Öffnungen;“ nachdem sie weiter bis zum Autolycus fortgeschritten, „hat Plinius statt des Centralberges (noch immer) zwei kleine Circellchen;“ als die Lichtgrenze über den Ostrand des Alphonsus und westlich vom Pico verlief, am 28. Mai 1822, sind „die 2 Circellchen mit 180 f. Vergröss. des 60 zölligen Tubus sichtbar und haben dunkelgraue Ringflächen. Mit 136 f. Vergr. des 30 zölligen Tubus aber würde man sie nie entdeckt haben, obgleich man eines davon zur Not sehen kann.“ Bei noch weiter fortschreitender Lichtgrenze des zunehmenden Mondes sah Gruithuisen nichts mehr von den „Circellchen“, das Centralgebirge erschien ihm und wurde von ihm gezeichnet als eine kleine helle, kumulusförmige Masse. Bei abnehmendem Monde dagegen, als die Abendlichtgrenze über Herkules verlief, zeigte sich am Centralberge des Plinius wieder etwas wie ein Krater. Am 13. November 1821 bemerkt Gruithuisen: „Das Centralgebirge im Plinius ahmt einem Circellchen nach.“ Dieses ist der Thury'sche Centralkrater vom 13. September 1889. In den schon allein aus Gruithuisens Wahrnehmungen folgenden regelmässigen Verlauf des Aussehens vom Centralgebirge des Plinius passen alle späteren Beobachtungen und Beschreibungen, einschliesslich derjenigen von Prof. Thuryl vollständig hinein. Es handelt sich nicht, wie Letzterer glaubt, um physische Veränderungen im Laufe langer Jahresperioden, sondern um regelmässig in jeder Lunation wiederkehrende optische Veränderungen, wie solche zahlreiche andere Objekte der Mondoberfläche in gleichem Grade zeigen. Meinen Erfahrungen gemäss, die sich nunmehr auf eigene Beobachtungen während fast 25 Jahren erstrecken, beschränken sich die konstatierten Veränderungen der Mondoberfläche auf diejenigen Beispiele, welche Julius Schmidt und ich selbst früher nachgewiesen haben.

Eine merkwürdige Erscheinung bei der Bedeckung durch den Mond am 7. August 1889 zeigte der Planet Jupiter. Man sah nämlich ein schmales graues Band beim Austritt des Jupiter auf dessen Scheibe parallel dem Mondrande, gewissermassen als wenn auf dem Mondrande eine niedrige, nicht vollkommen durchsichtige Atmosphäre ruhe. H. E. Stuyvaert von der Brüsseler Sternwarte, der die Erscheinung beobachtete, bemerkt darüber: „Der Mond bot bei dieser Bedeckung des Jupiter die bereits früher wahrgenommene, aber unvollkommen erklärte Erscheinung eines grauen Bandes, welches sich auf der Planetenscheibe projizierte, ebenso wie bei den Mondfinsternissen das überraschende Phänomen der Sichtbarkeit des Erdschattens ausserhalb der Scheibe des Mondes. Wenn man diese befremdlichen Erscheinungen zusammenhält mit den nicht minder ausserordentlichen, die man bei Sternbedeckungen durch den Mond bisweilen

wahrnimmt, und die darin bestehen, dass einzelne Sterne für Momente auf der Mondscheibe selbst zu stehen scheinen, andere nicht augenblicklich verschwinden oder wiedererscheinen, wieder andere ihre Helligkeit vermindern, wenn der polare Rand des Mondes sie eben streift, so hat man eine Gesamtheit von Erscheinungen, die sich am Mondrande abspielen, und die auf ein und dieselbe Ursache zurückzuführen sind. Es ist glaublich, ungeachtet der über diesen Gegenstand gegenwärtig herrschenden entgegengesetzten Anschauungen, dass irgend eine Materie bisweilen, wenn nicht immer, den Mondrand umgiebt oder sich auf demselben projiziert."

Die in Vorstehendem von Stuyvaert geschilderten Erscheinungen sind nach meiner Meinung nicht beweisend für die Existenz einer gewissen Materie in der Nähe des Mondrandes, vielmehr halte ich sie für rein optisch. Wenn ein Fernrohr für den glänzend hellen Mondrand scharf eingestellt ist, so ist es dies nicht für die verhältnismässig bleiche Jupiterscheibe und umgekehrt. Dies ist eine Thatsache. Nehme man jetzt an, es sei ein Instrument so eingestellt, dass der Rand einer sehr weit entfernten, matten Scheibe möglichst scharf erscheint, so ist der Rand einer daneben sichtbaren, gleich weit entfernten, blendend hellen Scheibe ein klein wenig verschwommen, da die Akkommodation des Auges sich mit der Helligkeit ändert. Man kann dies unmittelbar kaum oder gar nicht bemerken. Lässt man aber beide Scheiben bis zur Berührung einander sich nähern, so wird an der Berührungsstelle um die helle Scheibe ein schmaler, etwas dunkler Ring sichtbar, aber nur so weit, als derselbe sich auf der matten Scheibe projiziert, und diese zeigt dann genau jene Abdunklung auf einem schmalen Bande, wie solche Stuyvaert beschreibt. Das Ganze ist eine Irradiationserscheinung, die man experimentell sehr leicht darstellen kann, und welche auch das sogenannte Kleben der Sterne am Mondrande oder das scheinbare Vortreten derselben vor die Mondscheibe völlig erklärt. Diese Erscheinungen finden nur am hellen Mondrande statt und in der That hat Stuyvaert beim, Antritt des Jupiters an dem dunklen Mondrande nichts Aussergewöhnliches gesehen. Die anscheinende Verbreiterung des letzten Restes der Jupiterscheibe, ehe sie hinter den dunklen Mondrand trat, erklärt sich auch aus der obigen Ursache, denn nun spielt Jupiter neben dem dunklen Mondrande die Rolle eines hellen Lichtes

Eine andere Erklärung der Erscheinung giebt G. Davidson [1]). Nach seiner Ansicht beruht diesselbe auf der Unruhe unserer Atmosphäre, welche den Mondrand in unregelmässige Wallungen versetzt und bei Fixsternen gleichzeitig diese statt als Punkte

[1]) Monthly Notices, 7. p. 385.

als unregelmässige Lichtflecken erscheinen lässt. Meines Erachtens ist jedoch diese Erklärung nicht geeignet, die bei den Sternbedeckungen wahrgenommenen Phänomene zu erklären.

Photographische Aufnahmen der Mondoberfläche sind neuerdings mit weit grösserem Erfolge als früher gemacht worden. Auf der Lick-Sternwarte hat man bereits eine grosse Zahl von Mondphotographien erhalten, die meisten davon in Gestalt von ganzen Phasenbildern, neuerdings sind auch einige Detailaufnahmen gelungen, deren Untersuchung noch schwebt. Auch auf der Wiener Sternwarte hat man Phasenbilder des Mondes photographiert, die alle Beachtung verdienen, und endlich ist Ähnliches von der Sternwarte zu Brüssel zu melden. Die Gebrüder Henry auf dem Pariser Observatorium haben endlich einige Mondlandschaften im Detail photographiert und sollen dabei vortreffliche Resultate erhalten haben, doch sind diese Aufnahmen bis jetzt dem Berichterstatter nicht zu Gesicht gekommen.

Temperatur der Mondoberfläche. Langley vom Aleghany-Observatorium, dessen Untersuchungen über die Wärmestrahlung so wichtige Resultate ergeben haben, hat auch Experimente über die Wärme des Mondes angestellt und darüber berichtet [1]). Die Bestimmung dieser Wärme gehört zu den feinsten und schwierigsten Arbeiten auf dem ganzen Gebiete der Astrophysik, nicht nur weil die zu ermittelnde Grösse so ausserordentlich gering ist und noch ausserdem aus zwei Teilen besteht, nämlich der von der Mondoberfläche reflektierten Wärme und derjenigen, welche die von der Sonne erwärmte Mondfläche wieder ausstrahlt, sondern auch deshalb, weil die Erdatmosphäre störend dazwischen tritt, die reine Strahlung verdeckt und infolge ihrer schnell wechselnden Wärmedurchlassung viele Änderungen hervorruft, die nur scheinbar sind, und deren Betrag schwer zu schätzen ist. Dieser störende Einfluss der Erdatmosphäre ist sogar die Hauptquelle aller Schwierigkeit, denn die Kleinheit der Wärmestrahlung erschwert, bei der Empfindlichkeit des angewandten Instrumentes, des sogenannten Bolometers, nicht deren genauen Nachweis.

Den frühesten Nachweis des Vorhandenseins der Mondwärme gab Melloni 1846 mittels der kurz vorher erfundenen Thermosäule, genauere Resultate erhielt sehr viel später Lord Rosse, doch blieb sehr viel zu wünschen übrig, und Rosse selbst erklärte das Problem noch für ungelöst. Langley hat sich schon seit mehreren Jahren mit Studien über die Wärmestrahlung des Mondes befasst und kam bereits vor längerer Zeit zu dem Resultate, dass die seit John Herschel allgemein angenommene Ansicht, die Oberfläche des von der Sonne bestrahlten Vollmondes müsse eine Temperatur haben, welche die des siedenden

[1]) Americ. Journal of Science [3.] 38. 1889, p. 421.

Wassers übersteige, völlig irrig ist; vielmehr könne die Temperatur des von der Sonne beschienenen Teiles der Mondoberfläche nicht sehr von derjenigen des Gefrierpunktes unseres Wassers entfernt sein. Dieses merkwürdige Ergebnis hat Herr Langley durch neue Untersuchungen geprüft und im wesentlichen bestätigt gefunden. Seine Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom Oktober 1884 bis zum Februar 1887 und beziehen sich auf alle Fragen, welche mit dem Problem der Mondstrahlung nur irgend im Zusammenhang stehen. Um von der Feinheit dieser Beobachtungen eine Vorstellung zu geben, sei nur hervorgehoben, dass bei der Mondfinsternis vom 23. Septbr. 1885 die Abnahme der Wärmestrahlung des Mondes schon deutlich wurde, als der Halbschatten die Scheibe bedeckte, und dass die Wärmeabnahme messbar war, lange bevor das Auge eine Spur des Schattens auf der Mondscheibe wahrzunehmen vermochte. Die Wärme nahm schnell ab mit dem Fortrücken der Verfinsterung, aber niemals verschwand die Mondstrahlung vollständig von dem Teile, der in vollem Schatten lag. Eine Stunde vor der Mitte der totalen Verfinsterung betrug die Ablenkung im Kernschatten 3.8 Skalenteile; 50 Minuten nach der Mitte war sie auf 1.3 Teilstriche zurückgegangen, d. i. auf 1% der Wärme von einer gleichen Fläche des unverfinsterten Mondes.

Die Wärme vom verfinsterten Monde wurde durch Glas absolut aufgehalten. Die Steigerung der Temperatur nach dem Vorübergange des Schattens war fast ebenso schnell als das frühere Sinken. Der Wechsel des Mondklimas während der Finsternis, wie er sich aus diesen Beobachtungen weniger Stunden ergiebt, muss die Änderung der Temperatur von unserer heissen Zone zur strengsten Kälte unseres arktischen Winters übertreffen. Wiederholte Beobachtungen der dunklen Seite des Mondes haben dasselbe Spektrum gegeben, wie der Himmel weit ab vom Monde; daraus folgt, dass der Mond keine eigene Wärme besitzt, und seine Strahlung nur durch absorbierte Sonnenwärme bedingt ist.

Die unmittelbaren Beobachtungen ergaben, dass die Temperatur der von der Sonne frei bestrahlten Mondoberfläche zwischen 0^{0} und -20^{0} C. liegt. Indessen sind die Strahlungswerte, welche zu diesen Angaben führen, von der Absorption in unserer irdischen Atmosphäre beeinflusst; also geringer, als sie ohne dies sein würden. Um diese Einwirkung zu bestimmen, hat Herr Langley besondere Untersuchungen angestellt mit Benutzung einer dunklen kalten Strahlungsquelle und einer Luftschicht von 100 *m* Dicke. Aus diesen Beobachtungen wurde auf die Gesamtabsorption der Atmosphäre geschlossen und damit berechnet, dass die höchste Temperatur, welche die Mondoberfläche erreichen kann $+50^{0}$ C. nicht übersteigt. Das wäre also eine Maximaltemperatur des Mondbodens unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung, welche hinter der höchsten Temperatur, die der Erdboden in der heissen

Zone erreicht, nicht unwesentlich zurückbleibt. Jedenfalls scheint es ausgeschlossen, dass der von der Sonne bestrahlte Mond an seiner Oberfläche bis zu Wärmegraden erhitzt wird, welche diejenigen des kochenden Wassers erreichen oder gar übersteigen. Um aber die Feinheit der Beobachtungen des Herrn Langley voll zu würdigen, mag noch bemerkt werden, dass die gesamte Wärmestrahlung des Mondes auf unsere Erde, wenn man sie sammelte und auf ein geschwärztes Thermometer fallen liesse, die Temperatur desselben nur um $^1/_{6000}$ Grad des hundertteiligen Thermometers erhöhen würde.

Mars.

Die Beobachtungen während der letzten Opposition des Mars (1890) sind noch nicht veröffentlicht. Mittlerweile ist es jedoch, wie Prof. Pickering meldet, gelungen, auf dem Mount Wilson in Californien 14 photographische Aufnahmen des Mars zu erhalten (am 9. und 10. April 1890). Dieselben zeigen am letztgenannten Tage eine ausserordentlich grosse Ausdehnung des südlichen Polarflecks, bis zu 30° s. Br., und Prof. Pickering schliesst daraus auf einen damals auf dem Mars eingetretenen allgemeinen Schneefall.

Jupiter.

Bezüglich dieses Planeten ist zunächst wenig Neues zu bemerken. Der rote Fleck ist noch vorhanden. Anfangs Juli fand eine Konjunktion dieses Fleckes mit einem dunklen Fleck desselben Planeten statt, und A. Stanley Williams, der in dieser Zeit den Jupiter aufmerksam beobachtete, fand, dass der dunkle Fleck unter der roten Wolke verschwand, diese letztere also in einem höheren Niveau schwebt [1]).

Saturn.

Dieser Planet ist in den letzten Jahren wiederholt auch mit grossen Instrumenten beobachtet worden, ohne dass sich wesentlich Neues dabei ergeben hätte. Nur so viel scheint gegenwärtig festzustehen, dass ausser der Cassini'schen Trennung und der schwachen Encke'schen Linie eigentliche sonstige Trennungen nicht auf den Ringen vorhanden sind. Trouvelot hat das Ringsystem in den Jahren 1877—78 aufmerksam verfolgt zur Zeit, wo Sonne und Erde durch die Ebene des Ringes gingen, letzterer uns also nur die schmalen Seiten zuwandten [2]). Er bestätigte, was schon frühere Beobachtungen gelehrt hatten, dass der Ring

[1]) Observatory 1890. Aug. p. 274.
[2]) Bulletin Astronomique 7. 1890. p. 147, 187.

lokale Ausbiegungen besitzt, und dass die Cassini'sche Trennungslinie, sobald der Ring sehr schmal wird, auf einem Ringhenkel leichter und länger sichtbar bleibt, als auf der anderen.

Sehr wichtige Messungen der gegenseitigen Stellungen der Saturnsmonde sind am 30-Zoller der Sternwarte zu Pulkowa angestellt worden[1]). Sie haben zur Auffindung einiger merkwürdigen Gesetze der Bewegung mehrerer dieser Trabanten geführt und zum ersten Male uns einen genäherten Wert für die Massen mehrerer der letzteren gegeben. So folgt z. B. für die Masse des Mimas $^1/_{11\,500\,000}$ der Saturnsmasse oder kaum 0,0007 der Masse unseres Mondes

Uranus.

Am grossen Äquatorial zu Nizza ist dieser Planet in den letzten Jahren wiederholt beobachtet worden. Man sah auf seiner Scheibe parallele dunkle Streifen, ähnlich denjenigen des Jupiter, und der Positionswinkel derselben ergab sich zu 24.5°. Hiernach darf angenommen werden, dass die Ebene des Uranusäquators nur wenig von der Bahnebene seiner Trabanten abweicht. Der kleinste Durchmesser der Scheibe des Uranus steht senkrecht zur Richtung der Streifen, und die Abplattung ergab sich nicht geringer als $^1/_{20}$.

Das Spektrum des Uranus ist auf der Privatsternwarte des Herrn Common zu Ealing mit dem dortigen grossen Glasspiegelteleskop von 5 Fuss Durchmesser untersucht worden[2]). Die grosse Lichtstärke des Reflektors gestattete die Benutzung eines kraftvollen Spektroskops und die mikrometrische Messung der Lage der einzelnen dunklen Banden. Solcher sind hauptsächlich vier vorhanden, in Orange, Grün, Grünblau und Blau, dazwischen hellere Streifen, von denen einige gegen Rot hin und andere gegen das blaue Ende des Spektrums scharf begrenzt sind. Von den dunklen Linien des Sonnenspektrums oder von schmalen dunklen Linien war keine Spur zu bemerken. Bei späteren Beobachtungen mit einem kraftvollen Spektroskop zeigten sich 10 dunklere Banden aber keine Spur der Sonnenlinien. Die hellen Streifen hält der Beobachter Albert Taylor nicht für Kontrasterscheinungen, hervorgerufen durch die dunkleren Banden, sondern für wirklich leuchtende Streifen, und glaubt, dass man auf Grund ihres Vorhandenseins an ein geringes Selbstleuchten des Uranus denken müsse. Auch der Planet Neptun ist nach seiner Meinung noch in einem gewissen Grade selbstleuchtend. Dagegen kommt Keeler auf Grund der spektroskopischen Beobachtungen am 36 zolligen Lick-Refraktor zu der Überzeugung,

---

1) Astr. Nachrichten, No. 2883—84. 2) Monthly Notices, 49. (8) p. 405.

dass im Spektrum des Uranus keinerlei helle Linien wahrzunehmen sind, sondern nur dunkle Streifen, von denen der breiteste bei $\lambda = 6180$ liegt.

Die Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1889. Gemäss den Beschlüssen der Astronomischen Gesellschaft[1]) werden die einzelnen Kometen demjenigen Jahre zugezählt, in welchem ihr Durchgang durch die Sonnennähe stattfindet Demgemäss muss als Komet I 1889 der von Barnard am 2. September auf der Lick-Sternwarte entdeckte bezeichnet werden. Dieser Komet wurde vor der Sonnennähe zuletzt am 17. Februar zu Rom beobachtet, nach derselben zuerst am 22. Mai zu Kremsmünster, zuletzt am 24. Oktober zu München. Der Komet war ziemlich hell, rund und klein mit einem sternähnlichen Kern und kurzem Schweif. Seine Bahn hat Berberich berechnet und folgende Elemente gefunden (mittl. Äquinoctium 1889,0):

T = 1889 Januar 31. 20.908 mittl. Zeit von Berlin
$\pi = 337^0\ 52'\ 54.7''$ $\Omega = 357^0\ 25'\ 14.9''$
$i = 166^0\ 22'\ 12.8''$ $\log.\ q = 0.258\ 852$; $\log.\ e = 0.000\ 471$

Der Komet bewegte sich hiernach in einer Hyperbel, und ist der hyperbolische Charakter der Bahn recht sicher.

Komet Brooks, am 14 Januar zu Geneva entdeckt, als schwacher Nebel, aber am folgenden Abende wegen Mondschein und auch später nicht mehr gefunden, daher für die Bahnberechnung verloren.

Komet II 1889, von Barnard auf der Lick-Sternwarte am 31. März entdeckt, sehr schwach mit sternähnlichem Kern und wegen seiner langsamen geozentrischen Bewegung zur Zeit der Konjunktion mit der Sonne einige Monate lang unsichtbar, dann bis zum 21. November beobachtet. Die Bahn ist von Millosovich berechnet worden (mittl. Äqu. 1889.0):

T = 1889 Juni 10., 80.670 mittl. Zeit von Berlin
$\pi = 186^0\ 46'\ 58.4''$ $\Omega = 310^0\ 42'\ 9.7''$
$i = 163^0\ 50'\ 26.0''$ $\log.\ q = 0.353\ 260.$

Der Komet blieb in der Sonnennähe 2.256 Erdbahnradien von der Sonne entfernt und wird in dieser Hinsicht nur von den Kometen 1729 und 1885 II übertroffen.

Komet III 1889, ebenfalls von Barnard entdeckt, am 23. Juni. Er war äusserst schwach und konnte nur bis zum 6. August verfolgt werden. Die Berechnung von Berberich ergiebt, dass der Komet höchst wahrscheinlich eine elliptische Bahn beschrieb.

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. 2. p. 230, 7. p. 1, 8. p. 158.

Folgendes sind deren Elemente (mittl. Äqu. 1889.0):

$T = 1889$ Juni 20., 78.160 mittl. Zeit von Berlin

$\pi = 331^{0}\ 6'\ 9.0'$ $\Omega = 270^{0}\ 58'\ 3.9''$ $i = 31^{0}\ 12'\ 49.6''$

log. $q = 0.042\ 338$ log. $e = 9.980\ 760$.

Die Umlaufszeit würde also 128.3 Jahre sein, ein noch sehr unsicheres Datum.

Komet IV 1889, am 19. Juli von J. Ewen Davidson zu Branscombe in Queensland mit blossem Auge entdeckt, nahm bald an Helligkeit ab, zeigte aber noch am 30. Juli nach einer Photographie der Lick-Sternwarte einen 1⁰ langen Schweif, sowie am 17. August nach den Wahrnehmungen Kammermans in Genf einen schwachen zweiten Schweif, der 65—70" gegen den Hauptschweif geneigt war, ebenso nach Ricco in Palermo anfangs August einen doppelten Kern, der sogar am 11. August dreifach erschien. Die Bahnberechnung durch Prof. Lamp ergab folgende Elemente (mittl. Äqu. 1889.0):

$T = 1889$ Juli 19., 32.122 mittl. Zeit von Berlin

$\pi = 272^{0}\ 0'\ 23.1''$ $\Omega = 286^{0}\ 8'\ 10.1''$

$i = 66^{0}\ 0'\ 58.1''$ log $q = 0.016942$.

Komet V 1889, von Brooks zu Geneva am 6. Juli entdeckt und bei weitem der interessanteste Komet dieses Jahres, ja einer der merkwürdigsten Kometen überhaupt. Er gehört zu den periodischen Kometen von kurzer Umlaufsdauer, und die ersten Beobachtungen schon führten auf eine Periode von 7 Jahren. C. S. Chandler hat darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Komet sich 1886 dem Jupiter sehr näherte (am 21. Mai bis auf 0 0098 Erdbahnhalbmesser, also zwischen die Bahnen des 3. und 4. Jupitermondes), und seine Bahn damals infolge der Störungen durch diesen Planeten beträchtliche Umgestaltungen erlitten habe. Die Berechnung der Bahn vor Beginn dieser Störung führte den genannten Astronomen zu dem ferneren Resultate, dass der Komet wahrscheinlich identisch ist mit dem berühmten Lexell'schen Kometen des Jahres 1770. Im Juni jenes Jahres entdeckte Messier nämlich einen Kometen, und Lexell erkannte, dass dieser sich in einer elliptischen Bahn bewege mit einer Umlaufszeit von 5 Jahren 7 Monaten. Allein weder vor-, noch nachher ist dieser Komet gesehen worden, obgleich er recht hell war. Erst Burckhardt's Rechnungen klärten die Sache auf, indem dieser nachwies, dass der Komet erst durch seine bedeutende Annäherung an den Jupiter 1767 in seine enge elliptische Bahn geworfen sei, dass er aber 1779 durch eine entgegengesetzte Wirkung des Jupiter wieder aus derselben gelenkt wurde. Indem nun Herr Chandler für den Brooks'schen Kometen zurückrechnete, gelangte er zu dem Resultate, dass dieser 1779 dem Jupiter sehr nahe gekommen sei und von diesem eine beträchtliche Störung erlitten habe, genau da, wo auch Lexell's Komet vom Jupiter in eine neue Bahn geworfen wurde. Aber noch mehr. Ein Ver-

gleich der Bahnelemente des Lexell'schen Kometen, welche Leverrier berechnet hat, um die Nachforschung der Identität mit anderen Kometen zu erleichtern, zeigt eine so grosse Ähnlichkeit mit derjenigen des Brooks'schen Kometen, dass die Identität beider sehr wahrscheinlich wird. Im Jahre 1921 wird dieser Komet von neuem grosse Störungen seiner Bewegung erleiden, und es ist notwendig, dass die Astronomen seine Rückkehr in den Jahren 1896, 1903, 1910 und 1917 benutzen, um die Theorie seiner Bewegung zu sichern. Auch in Bezug auf seine physischen Verhältnisse ist der Brooks'sche Komet V 1889 von sehr grossem Interesse geworden Er zeigte nämlich eine Anzahl kleiner Begleiter, die sich wie Abkömmlinge des Hauptgestirns ausnehmen. Dieselben sind zuerst von Herrn E. E. Barnard bemerkt worden [1]).

Diese Begleiter hat man bisweilen als „Fragmente“ bezeichnet, allein Barnard bemerkt, dass dies unzulässig sei. Die Messungen zeigten vielmehr deutlich, dass eine Trennung des Nebenkometen vom Hauptgestirn keineswegs ein Vorgang sein könne, welcher sich in kurz der Entdeckung voraufgehenden Tagen vollzogen habe. Ihre Bildung als selbständige Körper habe vielleicht schon 1886 stattgefunden, als der Hauptkomet, wie Chandler gezeigt, sich dem Jupiter ausserordentlich näherte. Andererseits ist die Bezeichnung als „Fragmente“ auch deshalb ungeeignet, weil jene Begleiter sich in jeder Hinsicht als bestimmte Kometen nach Gestalt und Individualität zeigten, so gut wie das Hauptgestirn selbst.

Diese Begleiter sind von Barnard vor dem 1. August nicht gesehen worden, weil am 8., 9. und 10. Juli Mondschein hinderlich war, und später der 12 zollige Refraktor wegen einer notwendigen Reparatur bis zum 1. August ausser Benutzung bleiben musste.

Diese Begleitkometen sind zum Teil auch auf anderen Sternwarten, hauptsächlich zu Wien und Pulkowa gesehen worden, nirgends aber so lange und so vollständig als auf Mount Hamilton. Herr Barnard bezeichnet den Hauptkometen mit A, die 4 Begleiter desselben mit B, C, D, E und findet, dass der in Wien mit 1 bezeichnete Begleiter B ist, der mit 2 bezeichnete ist C, der mit 3 bezeichnete ist E, D ist in Wien nicht gesehen worden, obgleich er heller als E war. Was Pulkowa anbelangt, so ist der dort mit (2) bezeichnete Begleiter auf Mount Hamilton nicht gesehen worden, obgleich er nach Herrn Barnard's Versicherung dort nicht hätte verborgen bleiben können, wenn seine Existenz auch nur auf 8 Stunden beschränkt gewesen wäre. Demzufolge und da (2) in Pulkowa nur einmal, am 20. August, wahrgenommen ist, an einem Orte, wo sich nach den Untersuchungen

---

[1]) Astronom. Nachrichten, No. 2988.

zu Mount Hamilton nahebei ein Nebel findet, glaubt Barnard, dass dieser oder ein anderer Nebelfleck irrtümlich in Pulkowa für einen Begleiter des Kometen genommen worden sei Der Begleiter (3) zu Pulkowa ist identisch mit B und Begleiter (4) mit C. Die Begleitkometen D und E sind in Pulkowa nicht gesehen worden.

Auf Mount Hamilton ist das ganze Kometensystem während seiner Sichtbarkeit bei jeder Gelegenheit, die sich darbot, mit dem grossen Refraktor beobachtet worden, von dem Tage der Wahrnehmung der Begleiter an bis zu dem Augenblicke, wo sie aus dem Gesicht verloren wurden Die nebelige Hülle oder Scheide, welche man in Wien um den Hauptkometen und seine Begleiter zu erkennen glaubt, war an dem nämlichen Tage am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte nicht zu sehen, obgleich man dort nach einer solchen nebeligen Verbindung sehr aufmerksam suchte. Brooks sah am 7 August „ein Fragment, welches sich rückwärts über den Schweif des Kometen bewegte,“ auch dieses ward auf Mount Hamilton nicht gesehen und kann schwerlich ein Begleiter des Kometen gewesen sein, sondern ist höchst wahrscheinlich der Nebel No. 38 des neuen Generalkatalogs

Der nächste Begleiter B ist nur auf der Lick-Sternwarte und in Wien gemessen worden, doch hat man ihn auch zu Pulkowa gesehen. Der Begleiter C ist dagegen zu Pulkowa, Nizza, Wien, Marseille, Strassburg und Algier gesehen worden. [Ausserdem auch in Dresden, Lyon, München, Padua, Palermo und Paris.] Herr Barnard hat alle ihm zugänglich gewesenen Beobachtungen der Begleiter, nach Positionswinkel und Distanz, gesammelt und diskutiert Die bei weiten meisten Beobachtungen entfallen darunter auf Mount Hamilton. Die beiden Begleiter D und E sind auf Mount Hamilton nur allein am 36-Zoller gesehen worden, die anderen auch am 12-Zoller Die beiden erst gesehenen Begleiter waren auf Mount Hamilton am 1. August als schwache Nebel mit Kern erkannt worden, am nächsten Tage erwies sich dann ihre wahre Natur. Der Hauptkomet zeigte damals einen kleinen Kern 12. Grösse umgeben von schmaler Nebelhülle 11. Grösse, von dem ein heller Strich in den 15′ langen Schweif verlief. Der Begleiter B stellt sich als Miniatur des Hauptkometen dar, von 13. Grösse und mit kleinem sternartigen Kern und äusserst feinem Schweif gegen A hin. C war grösser als B, etwa 10″ im Durchmesser, hatte einen ganz ausserordentlich feinen Kern und eine Verlängerung gegen B hin. Am 5. September sah man B zum letzten Male am 36-Zoller, dieser Begleiter war damals zu schwach, um seine Position zu messen. C konnte noch bis zum 25. November verfolgt werden, wo er für den grossen Refraktor an der äussersten Grenze der Sichtbarkeit stand. Seine Entfernung vom Hauptkometen betrug damals 250″.

Von Interesse sind die Bemerkungen über die Veränderungen im Aussehen und der Helligkeit der Begleiter. Zuerst war B ziemlich gut entwickelt, klein, ansehnlich hell, mit Kern und Schweif, während C, obgleich grösser, mehr verwaschen erschien. Nach einigen Wochen begann B sich zu vergrössern und verwaschen zu werden, gleichsam als wenn er sich auflösen wollte. In den letzten Tagen des August zeigte jede folgende Nacht eine bemerkenswerte Veränderung, indem der Begleiter rasch diffuser und schwächer wurde, gleichzeitig aber sich ausdehnte und seine centrale Kondensation verlor. Er schien gegen A hin am verwaschensten, gleichsam als wenn er in diesen Hauptkometen hinein absorbiert würde. Während der letzten Tage seiner Existenz waren diese Veränderungen sehr ausgesprochen, und am 5. September erschien an seinem Orte nur eine grosse, ausserordentlich schwache und aufgelöste Nebeligkeit. Es ist, wie Barnard bemerkt, nicht der geringste Zweifel, dass dieser Begleiter thatsächlich verschwunden ist und aufgehört hat, zu existieren, wenn er nicht gar von dem Hauptkometen absorbiert wurde. Bis zu dieser Zeit näherten sich die Kometen der Erde und mussten theoretisch an Helligkeit zunehmen.

Bei der ersten Beobachtung von C war dieser grösser und verwaschener als B und lichtschwächer. Er hatte einen kleinen Kern und Schweif und war sehr schwach im Vergleich zum Hauptkometen, vielleicht fünfmal lichtschwächer als dieser. Dann nahm er an Helligkeit zu, wurde schärfer begrenzt und entwickelte eine centrale Kondensation mit Kern. Am 31. August war er thatsächlich heller als der Hauptkomet und wohl entwickelt mit Kern und Schweif. Nach dieser Zeit schien der Hauptkomet für einige Tage etwas an Helligkeit abzunehmen, später waren A und C bisweilen gleich hell. Von Mitte September an nahm C allmählich ab, und am 27. September war A bereits beträchtlich heller als jener; dann schwand C zusehends, wurde verwaschener und gleichzeitig grösser, und am 1. Oktober bestand zwischen A und C bereits ein beträchtlicher Helligkeitsunterschied. Im ganzen schien C denselben Verwandlungsprozess zu durchlaufen wie B. Vom 25. November an verschwand er völlig am 36-Zoller, während A. am 12-Zoller bis zum 20. März 1890 beobachtet werden konnte. Der Begleiter C, obgleich er zur Zeit die Helligkeit von A übertraf, war indessen höchstens nur ein Drittel so gross als dieser Hauptkomet. Ich glaube, fügt Herr Barnard hinzu, dass kein Zweifel darüber sein kann, dass B und C als selbständige Körper aufgehört haben, zu existieren. Am 26. August zeigte B eine plötzliche Änderung im Positionswinkel, und es scheint, dass diese in inniger Beziehung zu der schnellen Auflösung dieses Begleiters in den nächsten Tagen steht.

Über die Bahn dieses Kometen und seines hellsten Begleiters sind verschiedene Untersuchungen angestellt worden. Die nach-

folgende Zusammenstellung der wichtigsten bezüglichen Resultate ist der Arbeit von Dr. Kreutz entnommen.[1])

„Wie bereits erwähnt, beschreibt der Kern des Hauptkometen eine Ellipse mit kurzer Umlaufszeit. Die auf einer Zwischenzeit von 108 Tagen beruhenden neuesten Elemente von O. Knopf lauten:

T = 1889 Sept. 29.7436 mittl. Zeit Berlin
π = 1° 17′ 26.1″ }
Ω = 17 58 29.6 } M. Äq. 1889.0
i = 6 3 59.6 }
φ = 28 4 13.3
μ = 501.8156″
U = 7.071 Jahre

Die neuesten Elemente von Chandler (A. J. 9. 101) stimmen hiermit nahe überein; für die Umlaufszeit geben sie 7.073 Jahre.

Was den Nebenkometen C betrifft, so sind seine Beobachtungen ausreichend zahlreich und über einen genügend grossen Raum verteilt, um eine selbständige Bahnbestimmung zu ermöglichen. Aus Beobachtungen vom 2 August bis 22. September findet Bredichin[2]), dass man an die Elemente des Hauptkometen die folgenden Korrektionen anzubringen hat, um die Elemente des Begleiters C zu erhalten:

dT = — 0.7743 Tage	di = — 0′ 0.7″
dπ = — 17′ 28 0″	dφ = + 0′ 1.6″
dΩ = + 0′ 5.5″	dμ = — 0 08 233″

Bemerkenswert ist, dass die an sich wahrscheinliche Annahme, dass die Teilung des Kometen in der Richtung der Bahnebene vor sich gegangen ist, durch die Elementenberechnung als vollständig bestätigt angesehen werden kann. Lässt man diese Annahme auch für die anderen Begleiter gelten, so genügen schon zwei Beobachtungen derselben, um aus ihnen Elemente abzuleiten. Bredichin hat auf diese Weise für den Begleiter ☄$_3$ (E?) aus den beiden Wiener Beobachtungen am 5. August und 23. Oktober die folgenden an die Elemente von C anzubringenden Korrektionen berechnet:

dT = + 7.3987 Tage	dφ = + 7′ 57.3″
dπ = + 3° 18′ 31.8″	dμ = + 0.000 225″

Von hervorragender Bedeutung ist, dass die Elemente von C und ☄$_3$ (E?), wenn man die Schnittpunkte der Bahnen mit der des Hauptkometen berechnet, nahe denselben Punkt für die Loslösung der Begleiter ergeben, und zwar einen Punkt, der nahe am Aphel des Hauptkometen gelegen ist. Da nun im Mai 1886, wie Chandler zuerst bemerkt hat, eine grosse Jupitersnähe des Kometen stattgefunden hat, so liegt die Vermutung nahe, dass zu dieser Zeit die Teilung vor sich gegangen ist. Dieselbe würde, wie Chandler, ohne von den Untersuchungen Bredichin's Kenntnis zu haben, schon andeutet, durch die ungleichen Anziehungen des Planeten auf die verschiedenen Teile des Kometen, wenn man nur das Volumen des letzteren genügend gross annimmt, sich ungezwungen erklären lassen.

Die Bahn, welche der Komet vor dieser grossen Jupitersnähe beschrieben hat, hat nach Chandler die folgenden Elemente:

T = 1886 Nov 28.816 mittl. Zeit Berlin
π = 203° 3.7′ }
Ω = 179 13.4 } M. Äq. 1890.0
i = 7 43.8 }
q = 5.4411
e = 0.3947
U = 26.95 Jahre

[1]) Vierteljahrsschrift d. astronom. Gesellschaft, 25. Jahrg., p. 78.
[2]) Astronom. Nachr. Bd. 123. 321.

Die Umgestaltung der Bahn durch Jupiter ist also eine nahezu vollständige gewesen."

Komet VI 1889, von Swift in Rochester am 16. November als kleiner, schweifloser Nebel entdeckt. Der Komet blieb auch während seiner ganzen Sichtbarkeitsdauer schwach. Die Bahn ist wahrscheinlich elliptisch, und folgende sind die von Zelbr berechneten Elemente derselben:

T = 1889 Novbr. 29. 6641 mittl. Zeit v. Berlin	
π = 40° 55′ 52.8″	Ω = 331° 26′ 40.1″
i = 10° 3′ 21.1″	φ = 39° 8′ 23.1″
μ = 513″. 2525	U = 6.91 Jahre.

Am 12. Dezember 1889 wurde von Borrelly in Marseille ein schwacher Komet aufgefunden, der sein Perihel im Jahre 1890 erreichte und demzufolge als

Komet I 1890 zu bezeichnen ist. Berberich hat folgende Elemente desselben berechnet:

T = 1890 Januar 26. 5143 mittl. Zeit v. Berlin	
π = 208° 19′ 20″	Ω = 8° 17′ 49″
i = 56° 43′ 26″	log. q = 9.43 017.

Komet II 1890 von Brooks am 19. März in Geneva entdeckt. Komet III 1890 von Coggia am 18. Juli in Marseille entdeckt. Ausser diesen Kometen wurde am 23. Juli von Denning zu Bristol, sowie am 15. November von Zona in Palermo, endlich am 16. November von Spitaler zu Wien je ein Komet entdeckt. Die Reihenfolge dieser Gestirne steht indessen noch nicht fest, da in diesem Augenblicke (Ende November) von allen drei Bahnbestimmungen nicht vorliegen. Schliesslich ist nooh zu bemerken, dass der d'Arrest'sche Komet bei seiner Rückkehr 1890 am 6. Oktober von Barnard auf Mont Hamilton aufgefunden wurde.

Der Winnecke'sche Komet in den Jahren 1858—1868. Unter den Kometen von kurzer Umlaufszeit bietet der im Jahre 1858 von Winnecke entdeckte und nach ihm benannte ein ganz besonderes Interesse. Denn nicht nur ist es möglich gewesen, sein Erscheinen bis zum Jahre 1819, vielleicht sogar bis 1809 und selbst 1766 zurück zu verfolgen, sondern in den Berechnungen von Oppolzer stellte sich auch heraus, dass bei diesem Kometen, wie beim Enke'schen, eine Verkürzung der Umlaufszeit stattfinde, oder aber, dass man die Masse des Jupiter erheblich geringer annehmen müsse, als die sämtlichen bisherigen Untersuchungen ergeben hatten. Die Arbeiten von Oppolzer über diesen Kometen waren mit der diesem Astronomen und Rechner eigentümlichen Gründlichkeit durchgeführt worden, doch trugen sie nicht den Charakter abschliessender Untersuchung. Eine solche hat nun neuerdings Freiherr E. v. Haerdtl begonnen und in den Denk-

schriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien[1]) veröffentlicht.

Um etwaige Anomalien in der Bewegung dieses Kometen zu erkennen, mussten vorher die Störungen, welche die Planeten auf dieselbe ausüben, genau ermittelt werden. Diese Arbeit, von ausserordentlichem Umfange, hat E. v. Haerdtl zunächst durchgeführt Es wurden dabei nur die durch Neptun und Merkur ausgeübten Störungen als belanglos vernachlässigt, dafür aber die Jupitermasse aus der Bewegung des Kometen selbständig bestimmt. Als Resultat ergab sich, dass der Komet in den Jahren 1858 bis 1868 keinerlei Andeutung einer Beschleunigung der mittleren täglichen Bewegung, also einer Verkürzung der Umlaufszeit zeigt, und dass sich die Jupitermasse zu $\frac{1}{1047.1752}$ der Sonnenmasse ergiebt. Die sehr genauen Beobachtungen Bessel's und Schur's haben im Mittel einen Wert von $\frac{1}{1047.568}$ für die Masse Jupiters ergeben Die Abweichung beider Werte von einander ist nun zu beträchtlich, um sie ohne weiteres der Unsicherheit der Beobachtungen zuzuschreiben. Um hierein Licht zu bringen, hat E. v. Haerdtl mit dem von ihm gefundenen Wert der Jupitermasse die Bewegung des Faye'schen Kometen berechnet. Es fand sich aber, dass damit den Beobachtungen dieses Kometen nicht genügt werden kann. Ebensowenig gelingt dies, wenn man den aus Bessel's und Schur's Beobachtungen resultierenden Wert der Jupitermasse benutzt. Vielmehr verlangt der Faye'sche Komet, wie Möller früher gefunden, einen Wert der Jupitermasse von $\frac{1}{1047.88}$. Im zweiten Teile seiner Untersuchungen beschäftigt sich E. v. Haerdtl zunächst mit der Diskussion der für die Störungsrechnungen benutzten Planetenmassen. Er findet, dass diejenigen für Jupiter, Saturn und Uranus beizubehalten sind, dagegen erfordern die Masse der Venus, der Erde und des Mars einige Änderungen. Auch die Einwirkung des Merkur auf die Bewegung des Kometen stellt sich als nicht unwesentlich heraus. Er nahm als Masse des Merkur den Mittelwert von $\frac{1}{5.205.000}$, was nahe mit Le Verrier's früherer Annahme für diese Masse übereinstimmt. Die Jupitermasse findet sich schliesslich nahezu identisch mit dem frühererhaltenen Werte, und E. v. Haerdtl kommt zu dem Ergebnisse, dass als sicherster Wert für dieselbe $\frac{1}{1047.1758 + 0.0210}$ zu betrachten ist. Dieser Wert ist das definitive Ergebnis der Bearbeitung des Winnecke'schen Kometen.

Der Komet Wells 1882 I. In der Geschichte der Kometenbeobachtung nimmt der erste Komet des Jahres 1882, der nach

[1]) Denkschr. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. **55.** 1888 und **56.** 1889.

seinem Entdecker als Komet Wells bezeichnet wird, eine sehr hervorragende Stelle ein. Eine abschliessende Untersuchung dieses Kometen bezüglich seiner Bahnverhältnisse und eine zusammenfassende Darstellung der Beobachtungen über die physische Beschaffenheit dieses Gestirns ist bis dahin noch nicht veröffentlicht worden. Jüngst publizierte jedoch Herr E. v. Rebeur-Paschwitz im 3. Heft der „Veröffentlichungen der Grossherzoglichen Sternwarte zu Karlsruhe" eine sehr eingehende Arbeit dieser Art, so dass es angezeigt erscheint, an diesem Orte näher auf dieselbe einzugehen.

Der Verfasser geht wie gewöhnlich bei derartigen Untersuchungen von einem genähert richtigen System von Bahnelementen des Kometen aus und berechnet mit diesem eine Ephemeride für die Dauer der Beobachtungen des Kometen. Hierauf leitet er möglichst genaue Orte der bei den Beobachtungen vorkommenden Vergleichssterne ab und vergleicht alle bekannt gewordenen Ortsbestimmungen des Kometen mit den Orten, die aus der Ephemeride folgen. Hiermit sind die Grundlagen zu einer Kritik der Güte der einzelnen Beobachtungen gewonnen, und Dr. Rebeur-Paschwitz schreitet dann zur Zusammenstellung derjenigen Beobachtungen, die zur Ableitung der Normalorte des Kometen als Fundament der definitiven Bahnberechnung desselben benutzt werden. Diese Beobachtungen umfassen den Zeitraum vom 19. März bis 16 August 1882. Die Störungen des Kometen, die übrigens nicht erheblich sind, wurden für alle Planeten, mit Ausnahme des Uranus und Neptun, berechnet. Als Endergebnis aus sämtlichen Beobachtungen finden sich folgende Bahnelemente, denen zugleich die wahrscheinlichen Fehler (±) beigefügt sind. Diese Bahnelemente sind oskulierend für den Augenblick des Periheldurchgangs, d. h. sie bestimmen diejenige Bahn, in welcher sich der Komet von dem genannten Augenblicke an weiter bewegt haben würde, wenn von da ab alle Störungen fortgefallen wären.

Zeit des Perihels: 1882 Juni . .	10.566.839 ± 0.000.036^d
Logarithmus der Periheldistanz .	8.783.6376 ± 0.000.0158
Exzentrizität	0.999.994.54 ± 0.000.000.83
Länge des aufsteigenden Knotens	208° 59′ 37.22″
Länge des Perihels	53° 56′ 4.53″
Neigung der Bahn	73° 48′ 39.32″

Mit dieser Bahn stimmen die Beobachtungen sehr gut überein, indem die Abweichungen nur gering sind. Indessen fand es Dr. Rebeur-Paschwitz nicht überflüssig, die Bahnelemente auch aus den Beobachtungen vor dem Perihel allein und ebenso aus denjenigen nach dem Perihel allein abzuleiten, um zu untersuchen, ob der Komet bei seiner bedeutenden Annäherung an die Sonne etwa in seiner Bewegung merkbar gehemmt worden sei. Indessen hat sich in dieser Beziehung kein sicheres Resultat

herausgestellt, und der Verfasser schliesst, dass ein merkbarer Widerstand der Bewegung des Kometen nicht vorhanden war.

„Der Perihelabstand des Wells'schen Kometen", sagt Dr. Rebeur-Paschwitz, „beträgt nur etwa $^1/_6$ von dem des Enke'schen Kometen, die Beobachtungen desselben besitzen fast durchgehends eine grosse Genauigkeit, es lässt sich endlich durch eine einfache Rechnung nachweisen, dass eine Störung durch Widerstand, welche nach dem von Enke aufgestellten Gesetz vor sich geht, sich bei unserem Kometen im wesentlichen in der Zeit von drei Tagen vor und nach dem Perihel hätte vollziehen müssen. Es würden somit alle Beobachtungen vor dem Perihel den ungestörten, alle Beobachtungen nach dem Perihel den gestörten Elementen entsprechen, und es kann nicht zweifelhaft sein, dass, wenn die Abweichungen beider Systeme irgend merkliche wären, dieselben sich hier mit grösserer Sicherheit, als in den bekannten Fällen von noch kleineren Periheldistanzen ermitteln lassen müssten. Es verdient freilich hervorgehoben zu werden, dass man auf Grund der spektroskopischen Beobachtungen und des teleskopischen Anblicks des Kometen demselben einen relativ dichten Kern zuschreiben muss. Derselbe erschien meist scharf begrenzt und einem Planetenscheibchen ähnlich, so dass, die Gültigkeit der Enke'schen Hypothese vorausgesetzt, die sogenannte Widerstandskonstante in diesem Falle wahrscheinlich einen kleineren Wert erhalten würde, als die für den Enke'schen Kometen ermittelte. Andererseits ist es von Wichtigkeit, dass infolge desselben Umstandes bei der grossen Zahl der vorhandenen Beobachtungen der Einfluss systematischer Beobachtungsfehler ziemlich vollkommen eliminiert sein dürfte. Mit Rücksicht auf alle diese Umstände möchte ich das negative Resultat, welches meine Untersuchung der Bewegung des Kometen 1882 I in Beziehung auf das Vorhandensein einer merklichen Störung besonderer Art ergeben hat, als ein weiteres Argument dafür betrachten, dass die Enke'sche Hypothese vom widerstehenden Mittel, wenigstens in der von ihm aufgestellten Form, der Wirklichkeit nicht wohl entsprechen kann. Dessen ungeachtet bleibt es nach wie vor rätselhaft, wie die mit so ungeheueren Geschwindigkeiten begabten kometarischen Massen die mit sichtbaren Stoffen erfüllten Räume in der Umgebung der Sonne durchschneiden konnten, ohne eine merkliche Hemmung ihrer Bewegung zu erfahren. Neuerdings hat Kreutz in seinen Untersuchungen über den grossen Septemberkometen 1882 II den endgiltigen Beweis erbracht, dass auch dieser Himmelskörper trotz der gewaltigen Veränderungen, welche er in der Sonnennähe erlitten hat, durch keinen Widerstand in seiner Bewegung gehemmt worden ist. Thatsachen, wie diese, gestatten wohl den Rückschluss, dass die Sonnenatmosphäre schon an der Grenze der Region der Protuberanzen eine äusserst geringe Dichtigkeit besitzen muss. Die Geschwindigkeit des Kometen

1882 I betrug im Perihel 170.746 *km* in der Sekunde. Einer Verminderung derselben um 11 *m* würde eine Veränderung der Exzentrizität von 0.000.5000 und der Periheldistanz von 0.000.0076 entsprechen, unter Voraussetzung der Gültigkeit der Enke'schen Formel, die Widerstandskonstante würde den Wert $\frac{1}{100}$ erhalten."

Da der Komet in seinem aufsteigenden Knoten der Erdbahn ziemlich nahe gekommen ist, so hat Dr. Rebeur-Paschwitz auch eine Untersuchung über den kürzesten Abstand beider Bahnen angestellt.

„Die kleinste Entfernung beider Bahnen ist hiernach etwas grösser als das Dreifache der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde. Der Komet befand sich an dem betreffenden Punkte seiner Bahn am 10. Juli um Mitternacht, während die Erde die entsprechende Stellung schon am 14. April passiert hatte Es ist leicht, sich hiernach ein Bild von den eigentümlichen Sichtbarkeitsverhältnissen zu machen, welche dieser Komet geboten haben würde, wenn sein Periheldurchgang etwa auf den 15. März gefallen wäre. Da nämlich der aufsteigende Knoten der Kometenbahn innerhalb der Erdbahn liegt, und die Richtung der Bahnbewegung des Kometen an dieser Stelle einen nur kleinen Winkel mit der Knotenlinie bildet, so hätte der Komet um den 14. April plötzlich aus den Sonnenstrahlen hervortreten und infolge seines geringen Abstandes von der Erde den ganzen Nordhimmel mit ausserordentlicher Winkelgeschwindigkeit durcheilen müssen."

Wie wichtig auch immerhin die möglichst genaue Bahnbestimmung eines Kometen sein mag, so hat gegenwärtig die Untersuchung der physischen Beschaffenheit desselben ebenso viel wissenschaftliche Bedeutung, und auch in dieser Hinsicht ist der Komet Wells eines der interessantesten Gestirne. Herr Dr. Rebeur-Paschwitz hat alle bezüglichen Beobachtungen in lichtvoller Weise zusammengestellt, und geben wir hier das Wichtigste daraus wieder.

Der Komet war bei seiner Entdeckung am 17. März mit einem kleinen, schmalen Schweif versehen, sowie mit einem schwachen, aber deutlich sichtbaren Kern. Seiner äusseren Erscheinung nach war der Komet Wells aber später nicht in die Klasse der grossen Kometen zu rechnen, indessen nimmt er eine hervorragende Stellung ein, da die überraschenden Ergebnisse, welche die spektroskopischen Beobachtungen desselben zum ersten Male seit der Anwendung des Spektroskops auf diesem Gebiete geliefert haben, besonders geeignet sind, Aufklärung über die physische Konstitution der Kometen und die bei der Annäherung an die Sonne eintretenden Veränderungen zu geben. Das Spektrum des Kometen wurde zuerst von Vogel in Potsdam und Tacchini in Rom am 7. April beobachtet. Beide fanden übereinstimmend ein deutliches kontinuierliches Spektrum von geringer Intensität

und Breite, welches von drei hellen Banden unterbrochen war. Im Spektrum des Schweifes war von diesen Banden keine Spur zu sehen, sondern dasselbe erschien in geringer Ausdehnung kontinuierlich. Diesen Charakter, durch den das Spektrum sich von dem bisher bekannten Bandenspektrum so wesentlich unterschied, dass, wie Copeland bemerkt, man nach dem Aussehen desselben kaum auf die wahre Natur des beobachteten Objekts hätte schliessen können, behielt das Spektrum auch fernerhin bei. In Greenwich gelang es im Monat April überhaupt nicht, die hellen Banden zu sehen, dagegen machte v. Konkoly in O'Gyalla am 25. eine Messung, welche die Wellenlänge der hellsten Bande, übereinstimmend mit einer späteren Messung, = 5163, d. h. nahezu identisch mit der Wellenlänge der mittelsten Kohlenwasserstoffbande, ergab. Mitte Mai hatte die Intensität des kontinuierlichen Spektrums und die Ausdehnung desselben so zugenommen, dass es nach einer Beobachtung von Vogel vom 22. Mai von dem eines Fixsterns nicht mehr zu unterscheiden war. Am 27. Mai bemerkte zum ersten Male Copeland in Dunecht eine helle Linie in dem weniger brechbaren Teile des Spektrums, aber sie war noch so schwach, dass es einige Anstrengung erforderte, um sie zu sehen, da sie in Momenten schlechteren Luftzustandes verschwand. Am 28. Mai hatte diese helle Linie an Intensität bereits zugenommen, und ihr Zusammenfallen mit der D-Linie des Natriumspektrums wurde festgestellt Diese unerwartete und durchaus neue Beobachtung veranlasste Copeland zur Ausgabe eines Zirkulars, in welchem hervorgehoben wurde, dass das Spektrum des Kometen die grösste Beachtung verdiene. Spuren von anderen hellen Linien und Banden wurden schon an jenem Tage gesehen und am 29. gelangen neue Messungen, welche die Identität der hellen Linie mit der D-Linie über alle Zweifel erhoben. Am 31. Mai sah man die helle Linie auch in Potsdam und Greenwich, später in Lund, Moskau und Pulkowa Da die Beobachtung des sichtbaren Teiles des Spektrums schon gezeigt hatte, dass der Komet sich in Beziehung auf dasselbe wesentlich von allen seit 1864 spektroskopisch beobachteten Kometen unterschied, so beschloss Huggins, das Spektrum zu photographieren, um auch die chemisch wirkenden Strahlen zu untersuchen. Es gelang ihm dies bei einer Expositionszeit von 1¼ Stunden. Auf der photographischen Platte, von der sich eine Darstellung in Bd. 94 der Comptes rendus findet, erscheint ein starkes, kontinuierliches Spektrum, dass sich von der Linie F bis G erstreckt, und in welchem Fraunhofer'sche Linien nicht sichtbar sind. Daraus folgt, dass das Eigenlicht des Kometen viel stärker als das reflektierte war. Fünf helle Banden sind ferner auf der Platte sichtbar, die sich über den Rand des kontinuierlichen Spektrums nach der Sonne hin erstrecken, woraus zu schliessen ist, dass auch diejenigen Teile der Coma, welche ein merkliches kontinuier-

liches Spektrum nicht zeigen, Strahlen von der Wellenlänge jener Banden aussenden. Für die hellsten Teile der letzteren fand Huggins die Wellenlängen 4253, 4412, 4507, 4634, 4769. Die Linien des Natriums erschienen hell im sichtbaren Teile des Spektrums und Huggins sagt: „Il est possible, que la vapeur de ce corps puisse contribuer a produire quelquesunes de ces bandes brillantes dans la région la plus refrangible". Bei zunehmender Annäherung des Kometen an die Sonne nahm nun die Intensität der hellen Linie so bedeutend zu, dass es mehreren Beobachtern gelang, dieselbe deutlich zu trennen. Vogel schreibt A. N. 2437: „Am 6. Juni war die Intensität der gelben Linie im Kometenspektrum so gross, dass es gelang, mit einem stark zerstreuenden Spektralapparat dieselbe deutlich als doppelt und mit den künstlich erzeugten Natriumlinien übereinstimmend zu erkennen. Die beiden Natriumlinien des Kometenspektrums waren von sehr ungleicher Intensität, die brechbarste Linie erschien stark verbreitert, etwa fünfmal so breit, an den Rändern verwaschen und sehr viel heller, als die weniger brechbare. Hieraus lässt sich folgern, dass die Dampfdichte des glühenden Gases eine sehr grosse gewesen ist. Vogel machte bei dieser Gelegenheit auch die Beobachtung, dass die Mitte der stark verbreiterten Linie im Kometenspektrum nicht ganz mit der künstlichen Linie D_2 zusammen fiele, vielmehr etwas nach Rot verschoben wäre. In der That bewegte sich zur Zeit der Beobachtung der Komet mit einer Geschwindigkeit von 3.7 Meilen im Visionsradius von der Erde fort, die einer Verschiebung von $^1/_{12}$ der Entfernung der D-Linien entsprechen würde, einer Grösse, die bei der angewandten Zerstreuung sehr gut wahrnehmbar war. Bei diesen Beobachtungen waren die Natriumlinien nicht nur im Spektrum des Kerns, sondern bis weit in den Schweif hinein sichtbar. „Das von den glühenden Natriumdämpfen ausgehende Licht überragte an Intensität das sonstige eigene und reflektierte Licht des Kometen so stark, dass derselbe ohne Spektroskop gelblich erschien, und als ich am 6. Juni den Spalt des Spektroskops weit öffnete, erschien wie bei den Beobachtungen von Protuberanzen die volle Form des Kometen im gelblichen Lichte von der Wellenlänge D." Vollkommen hiermit übereinstimmend ist der Bericht von Bredichin (A. N. 2437). Derselbe vermutete bei einer Beobachtung am 6. Juni noch eine helle Linie im Rot, welche nach einer Mitteilung von Hasselberg (A. N. 2441) auch in Pulkowa am 5. Juni von ihm selbst und am 7. Juni von Struve und Tisserand gesehen wurde, jedoch zu schwach war, um eine Messung zu gestatten. Herr Hasselberg schreibt a. a. O.: „Die auf der dunklen D-Linie projizierte helle Kometenlinie war eine Erscheinung genau von derselben Art, wie die bei der radial gestellten Spalte eintretende teilweise Umkehrung der Fraunhofer'schen Linien C und F durch die Protuberanzen der Sonne, und dem



Der Mond nahe dem letzten Viertel.

Photographirt am 27. August 1888 am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte.

entsprechend gelang es auch vollständig, durch passende Verbreiterung des Spaltes sämtliche Details im Kopfe und einen nicht unbeträchtlichen Teil des Schweifes des Kometen in gelbem, monochromatischem Lichte zu sehen. Die Gestalt des Gestirns war dabei in der That so deutlich zu erkennen, dass es nicht unwahrscheinlich sein dürfte, dass diese Beobachtungsmethode in solchen Fällen gute Dienste wird leisten können, in denen wegen mangelnder Helligkeitskontraste mit dem Himmelsgrunde die direkte teleskopische Beobachtung wenig Erfolg verspricht." Das Charakteristische der Erscheinungen, welche das Spektrum des Kometen darbot, bestand darin, dass anfangs neben dem hellen kontinuierlichen Spektrum die gewöhnlichen Kohlenwasserstoffbanden sichtbar waren, welche indessen bei der Annäherung an die Sonne immer mehr verblassten und mit dem Auftreten der hellen Natriumlinien völlig verschwanden. Herr Hasselberg hat eine Reihe von Laboratoriumsversuchen angestellt, welche, da die bei denselben beobachteten Erscheinungen einen nahezu vollständigen Parallelismus mit den Erscheinungen des Kometenspektrums aufweisen, hier noch kurz beschrieben werden mögen. „Eine gewöhnliche Spektralröhre wurde mittels einer von der einen cylinderischen Erweiterung ausgehenden Röhre an die Luftpumpe angekittet, nachdem durch eine vom zweiten Cylinder hervorragende Röhre etwas mit Naphta befeuchtetes Natrium in diesen Cylinder eingeführt und die Röhre luftdicht verschlossen war. Die diesem Cylinder entsprechende Elektrode war von der Seite eingeschmolzen, um die Erhitzung des Metalls durch eine untergestellte Spirituslampe zu ermöglichen. Die Luft wurde darauf bis auf 4 oder 5 *mm* Druck ausgepumpt und das beim Durchgang des elektrischen Stromes entstehende Licht in einem aus zwei vorzüglichen Schwefelkohlenstoffprismen bestehenden Spektralapparat analysiert. Je nach der Beschaffenheit des durch die Röhre geleiteten Stromes ergab sich nun, dass, während ursprünglich nur die Banden der Kohlenverbindungen sichtbar waren, dieselben mit der allmählich eintretenden Erhitzung des Natriums entweder ganz oder nahezu erloschen, um nach Abstellen der Flammen und dem damit verbundenen Erblassen der Natriumlinien wiederzukehren. Hieraus folgt, dass in Mischungen von Kohlenwasserstoffgas und Natriumdämpfen nur die letzteren die Leitung des Stromes vermitteln, während das Gas aufhört, der Träger der elektrischen Entladung zu sein. Da die an dem Kometenspektrum beobachteten Erscheinungen mit den eben erwähnten geradezu identisch sind, so liefern sie ein sehr gewichtiges Argument für die Annahme eines elektrischen Ursprungs des Eigenlichtes der Kometen. Die ausgedehntesten Messungen des Kometenspektrums, die veröffentlicht wurden, sind in Dunecht von Copeland und Lohse angestellt und finden sich in der Zeitschrift Copernikus Nr. 24 zugleich mit einigen bildlichen Darstellungen des Spektrums,

welche die vorstehend erwähnten Eigentümlichkeiten desselben veranschaulichen. Am 6. Juni wurde die Breite der Linie D_2 etwa doppelt so gross geschätzt, als die von D_1. Diese Beobachtung fand zu einer Zeit statt, als die Dämmerung schon so weit vorgeschritten war, dass man bequem lesen konnte. Die Sichtbarkeit der D-Linie erstreckte sich bis auf 6′ — 7′ vom Kern in der Richtung des Schweifes. Bei Sonnenaufgang erschien die brechbarere der beiden D-Linien doppelt so lang, als die andere.“

Aus den spektroskopischen Beobachtungen von Copeland, Lohse, Maunder, Dunèr und Bredichin folgt im Mittel als Wellenlänge der D-Linie im Juni $\lambda = 5893$, während die Wellenlängen der beiden Natriumlinien im Sonnenspektrum 5895 und 5889 sind. Die Übereinstimmung ist daher eine vollkommene. Nach dem 7. Juni ist der Komet spektroskopisch nicht beobachtet worden, es konnte daher das Erblassen der Natriumlinie nicht wie das Aufleuchten derselben konstatiert werden. Der grosse Komet, welcher im September 1882 dem Kometen Wells folgte und spektroskopisch von seinem Perihel an beobachtet wurde, zeigte indessen so ähnliche Erscheinungen, dass die Anschauungen, welche man sich auf Grund der Beobachtungen jenes ersten bemerkenswerten Kometen über die physikalischen Ursachen der Lichtentwickelung auf diesen Himmelskörpern gebildet hatte, den thatsächlich stattfindenden Verhältnissen sehr nahe entsprechen dürften. Aus diesem Grunde wird die Erscheinung des Kometen 1882 I einen Markstein in der Geschichte der Kometenastronomie bilden.

Bahnenverwandtschaft von Kometen. Herr A. Berberich[1]) macht gelegentlich seiner Berechnung der Bahn des Kometen 1889 IV auf eine gewisse Ähnlichkeit derselben mit den Bahnen mehrerer früher erschienener Kometen aufmerksam. Es sind die folgenden:

Komet	Perihelzeit		Perihel vom Knoten		Aufsteigender Knoten		Neigung		Perihel-distanz	Exzentrizität
			°	′	°	′	°	′		
1889 IV	Juli	19.3	345	52	286	10	65	59	1.0396	0.9965
1881 III	Juni	16.5	354	15	271	5	63	26	0.7345	0.9964
1888 I	März	17.0	359	55	245	24	42	15	0.6987	0.9961
1807	Septbr.	18.8	4	8	267	56	63	10	0.6461	0.9955
1880 V	Novbr.	9.4	11	37	249	30	60	42	0.6588	1.0
1885 V	Novbr.	25.5	35	34	262	15	42	27	1.0790	1.0
1884	Juni	8.4	330	35	271	8	65	49	0.9600	1.0

Bei den erstgenannten vier Kometen sind elliptische Bahnen berechnet mit Umlaufszeit von folgeweise 5100, 3000, 2300 und 1700 Jahren. Bei einigen dieser Kometen (nämlich 1807, 1880 V und 1881 III) war die Ähnlichkeit der Bahnen bereits früher aufgefallen, allein auch die übrigen Bahnen zeigen, wie Herr Berberich betont, im wesentlichen denselben Charakter, der sich

[1]) Astr. Nachr. 1890. Nr. 296.

bis auf die Exzentrizität erstreckt. Bei den Kometen 1880 V, 1885 V, sind nur parabolische Bahnen berechnet, weil beide Kometen nur kurze Zeit in einem für die Bestimmung der Exzentrizität ungünstigen Teile ihrer Bahnen sichtbar waren. Berberich bemerkt ferner: „Gerade in ihrem physischen Verhalten zeigten diese Kometen manche Übereinstimmung, und es könnte auch hierin ein Grund für die Annahme eines gemeinsamen Ursprungs derselben gefunden werden. Doch lässt sich diese Annahme kaum weiter verfolgen, sie muss einstweilen Hypothese bleiben. Indessen möchte ich eine Folgerung, die man aus ihr ziehen kann, nicht unterdrücken. Wie man sieht, sind von den angeführten sieben Kometen fünf in den letzten zehn Jahren erschienen, also in relativ grosser Häufigkeit aufgetreten. Drei derselben sind auf der südlichen Halbkugel mit freiem Auge aufgefunden, die zwei anderen (1880 V und 1885 V) auf der nördlichen Halbkugel nach dem Perihel entdeckt worden. Vielleicht wären diese beiden Kometen ebenfalls schon zu beobachten gewesen, wenn auf der südlichen Halbkugel in gleicher Weise wie auf der nördlichen nach Kometen systematisch gesucht würde, und möglich wäre es ferner, dass noch weitere Kometen mit ähnlichen Elementen erschienen, deren zeitige Auffindung gewiss von grossem Werte sein würde. Der Ausgangspunkt aller dieser Bahnen liegt nicht ferne vom Südpol; die Überwachung einer entsprechenden Zone wäre sehr zu wünschen. Es kann sehr wohl der Fall eintreten, dass ein Komet in einer ähnlichen Bahn zur Zeit seiner grössten Helligkeit für uns nicht sichtbar ist infolge zu geringen Abstandes von der Sonne."

Der Ursprung der periodischen Kometen ist Gegenstand eingehender Studien von Bredichin gewesen[1]), wobei letzterer hauptsächlich die gelegentlichen Teilungen von Kometen ins Auge fasst. Innerhalb eines Zeitraums von 36 Jahren sind dreimal solche Teilungen beobachtet worden (Komet Biela, Komet Liais 1860 und Komet 1882 II). Man darf daraus schliessen, dass die Erscheinung ziemlich häufig ist, obgleich es innerhalb der Grenzen unserer Kenntnis der Kometbahnen schwierig sein wird, den Mutterkometen unter den bekannten periodischen Kometen herauszufinden Indessen leitet das Kometensystem 1845 I, 1880 I, 1882 II zu der Vermutung, dass dessen Komponenten von einem gemeinsamen Urkometen herrühren könnten. Diesen Gedanken hat Professor Bredichin weiter verfolgt. Der Komet 1882 II hat eine Umlaufszeit von 772 Jahren; nimmt man nun an, dass diese drei Kometen gleichzeitig entstanden sind, so folgt für die beiden anderen Kometen eine Umlaufszeit von 732.5, resp. 769.4 Jahren. Der erzeugende parabolische Komet hat also sein Perihel ungefähr im Jahre 1110 passieren müssen.

[1]) Bull. de la Soc Imp. des Naturalistes de Moscou 1889. Nr. 2.

Unter der Annahme, dass die Ausstossung dieser Kometen stattgefunden hat, als die wahre Anomalie des ursprünglichen Kometen 90° nach dem Perihel war, folgt für die Geschwindigkeit des Stosses, mit welchem dieselben abgeschleudert wurden, der geringe Wert von 21 *m* pro Sekunde. Unter der Annahme von 60° statt 90° würde dieser Wert auf 44 *m* steigen.

Als weitere Fälle, bei denen die Möglichkeit einer Erzeugung aus einem Urkometen vorliegt, nennt Bredichin die Kometen von 1827 II und 1852 II, 1862 III und 1870 I, ferner ist es denkbar, dass der Komet von 1799 I entstanden ist aus dem grossen Kometen von 1337.

Es hat bisher bekanntlich die Annahme vorgewaltet, dass die periodischen Kometen durch die Annäherung nahe parabolischer Kometen an die grossen Planeten, speziell an Jupiter, in ihre eng geschlossenen Bahnen gezwungen worden sind, und es ist auch gar keine Frage, dass dies in einigen Fällen wirklich stattgefunden hat. Für eine Reihe periodischer Kometen führt indessen Bredichin an, dass dieselben unmöglich allein durch die Anziehung des Jupiter in ihre Bahnen gelenkt worden sind.

Während die bisherigen Resultate auf der Annahme beruhen, dass der ursprüngliche Stoss von Seiten des erzeugenden Kometen in der Bahnebene vor sich gegangen ist, entwickelt Bredichin nunmehr die Formeln für den Fall, dass der Stoss einen gewissen Winkel mit der Bahnebene bildet. Es ist klar, dass es unter dieser Annahme leichter gelingt, für periodische Kometen einen passenden Kometen aufzufinden, von dem der erstere erzeugt worden ist. Es gelingt so, den Brorsen'schen Kometen von 1879 I mit $5^1/_2$ Jahren Umlaufszeit auf den grossen Kometen des Jahres 1532 zurückzuführen.

Da die Ausstossung der Kometenmaterie immer intensiver wird, je näher der Komet der Sonne kommt, so sind kräftige Ausstossungen oder gar Teilungen nur bei solchen Kometen zu erwarten, die überhaupt eine geringe Periheldistanz besitzen. Nur bleibt die Periheldistanz in der Bahn des sekundären Kometen nahe dieselbe, wie in der des primären; die Statistik der bisherigen Kometenerscheinungen zeigt aber, dass die mittlere Periheldistanz bei den periodischen Kometen eine beträchtlich grössere ist, als bei den grossen parabolischen. Bredichin schliesst selbst hieraus, dass die Annahme der Ausstossung von Kometenmaterie in den meisten Fällen nicht allein zur Erklärung der periodischen Kometen ausreicht, sondern dass die störende Wirkung der grossen Planeten hierbei gleichzeitig eine wichtige Rolle spielt [1]).

Trotz der vielen Aufschlüsse, welche uns besonders die Spektralanalyse über die Kometen verschafft hat, ist unsere

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1889. Nr. 34.
[2]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1889. Nr. 48.

Kenntnis der **physischen Beschaffenheit** dieser merkwürdigen Klasse von Gestirnen noch immer sehr mangelhaft. Dr. Markuse[2]) hat die hauptsächlichsten Gesichtspunkte zusammengestellt und erläutert, welche sich auf die zur Entwickelung der Theorie dieses Problems wünschenswerten Beobachtungen beziehen. Folgendes ist die von ihm gegebene Zusammenstellung und Erläuterung

I. **Refraktions- und Absorptionswirkungen der Kometenmaterie.** Mit Ausnahme des Kerns, der fest oder flüssig sein kann, befindet sich die Kometenmaterie zum grössten Teil in gasförmigem Zustande und muss daher sowohl Refraktion als Absorption auf Lichtstrahlen ausüben. Über die Refraktion eine wirklich genaue Vorstellung zu gewinnen, ist bisher noch nicht gelungen, und wenn dies auch in erster Linie an der ausserordentlich geringen Dichtigkeit der betreffenden Materie liegt, so fehlen dennoch wirklich einwurfsfreie, umfassendere Beobachtungen hierüber. Es dienen dazu am besten Messungen des Winkelabstandes zweier schwacher Sterne, von denen der eine erst ausserhalb und dann innerhalb des Kometennebels sich befindet. Neuere theoretische Untersuchungen von G. **Cellerier** in Genf lassen ganz allgemein die Veränderungen berechnen, welche der Ort eines vom Kometen bedeckten Sterns erfährt.

Was die Absorption durch die Kometenmaterie betrifft, so ist hier ein fast unbebautes Feld, denn die wenigen vorliegenden Beobachtungen geben völlig widersprechende Resultate. Am besten vergleicht man hierzu auf photometrischem Wege Sterne, die erst innerhalb und später ausserhalb des Kometennebels stehen, mit einem dem Kometen nahen Stern. Bei der Diskussion solcher Beobachtungsreihen ist unter anderen der Umstand zu beachten, dass ein leuchtender Punkt auf hellem Grunde an und für sich schwächer erscheint als auf dunklem Felde.

II. **Bewegungen der Ausströmungsfigur.** Der Kern eines Kometen ist die Quelle für das Phänomen der Ausströmungen, welche meist eine fächerförmige Gestalt haben und eigentümlichen Bewegungen unterworfen sind. Im allgemeinen sind **drei** Bewegungsformen zu unterscheiden: erstens eine **pendelartige Oszillation in der Bahnebene** um den Radiusvektor des Kometen als Gleichgewichtslage, zweitens eine **konische Schwingung** um denselben Radiusvektor als Axe, oder drittens eine **beliebig zusammengesetzte** Bewegung der Ausströmungsfigur. Zur gesonderten Beurteilung dieser Bewegungen müssen die Positionswinkel der Ausströmungsfigur wiederholt gemessen werden, ferner ist die Lichtintensität derselben zu verfolgen, und schliesslich sind Beobachtungen über die Ausdehnung der Lichtfigur anzustellen. Diese drei Daten: **Positionswinkel, Intensität** und **Ausdehnung** der Ausströmungsfigur erweisen sich als ausreichend, um über die Form der Bewegung zu entscheiden. Bei der Messung von Positionswinkeln muss man sich genaue Rechenschaft über die Mittellinie geben; bei den Intensitätsbestimmungen dürfte es zweckmässig sein, die Helligkeit des Ausströmungskegels mit der des umgebenden Kometenkopfes zu vergleichen und bei mikrometrischer Messung der Ausdehnung ist es geraten, gleichzeitig Form und Anzahl der Ausströmungen zu beachten.

III. **Bewegung der Schweifteilchen.** Ausser mit den Bewegungen der ausströmenden Lichtfigur hat man es bei den Kometen noch mit der Form der Schweife zu thun, die aus Teilchen mit ganz bestimmter Bahnbewegung bestehen. Zwei Arten von Schweifen sind zu unterscheiden, nämlich die **normalen**, von der Sonne abgewandten, und die **anomalen**, der Sonne zugerichteten Kometenschweife. Die Beobachtungen müssen so angestellt werden, dass sich daraus die Bahn der Schweifteilchen, ihre Geschwindigkeit, sowie die Grösse der wirkenden Kraft ableiten lassen; ferner muss die Lage der Schweifaxe im Raume sowie die Richtung der-

selben in der Bahnebene bestimmt, und schliesslich Aufschluss über die Figur des Kometenkopfes und über die Verteilung der Materie in die Schweifäste erhalten werden.

Zunächst empfiehlt es sich, den gesamten Kometen graphisch aufzuzeichnen [1]), um eine exakte Vorstellung von seiner Form und Ausdehnung zu gewinnen. Geschieht dies auf zweckentsprechendem Koordinatenpapier, so lassen sich alle Fragen, welche auf die Bewegung der Schweifteilchen Bezug haben, bequem lösen. Zur genaueren Bestimmung der Bahn der Teilchen, ihrer Geschwindigkeit sowie der wirkenden Kraft ist es ausserdem notwendig, mikrometrische Messungen der Lage von Punkten der Grenzkurve gegen den Mittelpunkt des Kometenkopfes anzustellen. Hierbei wird man am besten Polarkoordinaten bestimmen und die Axe oder Mittellinie des Kometen zur Anfangsrichtung wählen.

Die Positionswinkel dieser Axe gegen die Richtung Komet-Sonne sind gleichfalls zu messen zur Beurteilung der Lage der Schweifaxe im Raume. Wichtig ist ferner die genaue Beobachtung des Helligkeitsunterschiedes in den verschiedenen Schweifästen, da hieraus interessante Schlüsse über die Ausströmungen selbst sich ziehen lassen. Schliesslich muss bei spektralanalytischer Untersuchung von Kometen noch versucht werden, die einzelnen Schweife gesondert und möglichst weit vom Kopf entfernt spektroskopisch zu beobachten zur Entscheidung der Frage, ob verschiedenen Schweifen auch verschiedene Materie angehört.

Schluss. Werden die obigen Ausführungen kurz zusammengefasst, so ist auf folgende Punkte bei der Untersuchung der physischen Beobachtung eines helleren Kometen besondere Rücksicht zu nehmen:

1. Allgemeine Beschreibung des Kometen in seinen verschiedenen Teilen.
2. Refraktionsmessungen.
3. Absorptionsbestimmungen.
4. Messungen der Positionswinkel der Ausströmungsfigur.
5. Bestimmungen der Intensität der Ausströmungsfigur.
6. Messungen der Ausdehnung derselben.
7. Genaue graphische Aufzeichnung (oder photographische Aufnahme) des gesamten Kometenkörpers.
8. Bestimmung der Polkoordinaten von verschiedenen Punkten der Grenzkurve des Schweifes
9 Messungen der Positionswinkel des Schweifaxe.
10. Beobachtungen über die verschiedene Helligkeit der Schweifäste.
11. Spektralanalytische Untersuchungen am Kometen mit besonderer Berücksichtigung der vom Kern entfernteren Schweifteile."

Sternschnuppen und Meteorite.

Ein Verzeichnis von 918 Radiationspunkten von Sternschnuppen hat F. Denning veröffentlicht [2]). Im ganzen hat dieser unermüdliche Beobachter seit 1866 die scheinbaren Bahnen von 9177 Meteoren in Karten eingetragen und daraus die Radianten bestimmt. Seine Beobachtungen hat er stets im Freien angestellt, nämlich in dem Garten seines Wohnhauses. Er hebt die grossen Schwierigkeiten hervor, welche sich dem Beobachter entgegenstellen, der, überrascht von dem plötzlichen Erscheinen und blitzartig schnellen Verschwinden eines Meteors, dessen Lauf unter den Sternen aufzeichnen soll. In der That

[1]) Wo die instrumentalen Mittel vorhanden sind, ist eine photographische Aufnahme des Kometen, genügende Helligkeit vorausgesetzt, anzuraten. [2]) Monthly Notices **50.** Nr. 7. 1889. p. 410 u. ff.

liegt in diesen Umständen eine grosse Quelle der Ungenauigkeit, und Herr Denning ist deshalb darauf verfallen, den Lauf eines auftauchenden Meteors dadurch genauer zu fixieren, dass er einen Stock auf denselben projizierte und Anfangs- und Endpunkt sogleich auf einen 18zolligen Globus bezeichnete. Die mittlere stündliche Zahl der Meteore innerhalb der genannten Beobachtungszeit war 8.3, das relative Maximum trat zwischen 2 und 3 Uhr früh ein. Die Hauptaufmerksamkeit des Beobachters war auf scharfe Ableitung der Radiationspunkte gerichtet, und er bemerkt, dass letztere oft sehr scharf definiert sind, so dass ausgedehnte Radiationsflächen, wie beim grossen Schwarm der Andromeda 1885, zu den Ausnahmen gehören. Ein bemerkenswertes Resultat der Denning'schen Beobachtungen ist der Nachweis einer verhältnismässig grossen Zahl von Meteorschwärmen aus bestimmten Radianten, welche längere Zeit andauern, als die Theorie anzunehmen gestattet. Einige wenige Radianten bewegen sich rasch unter den Sternen fort, während andere stationär bleiben. Die Perseïden, bemerkt Denning, beginnen, das ist sicher, zu fallen am 8. Juli aus einem Radianten in 3° Rectasc. und + 49° Dekl., und sie setzen nicht aus bis zum 22. August, wenn ihr Radiant 78° Rectasc. und + 58° Dekl. passiert hat. Am 10. August, zur Zeit des Maximums liegt der Radiant in 46° + 57°, entsprechend dem des Kometen III 1862. Die Lyriden des April besitzen auch einen Radianten, der seinen Ort am Himmel während der wenigen Tage ihrer Dauer ändert. Die Orioniden des Oktober dagegen zeigen keine Spur einer solchen Wanderung des Radianten, derselbe verharrt während drei Wochen (9.—29. Okt) unvermerkt in 92° + 15°. Die Thatsache der langen Thätigkeitsdauer gewisser stationärer Radiationspunkte hat Herr Denning zuerst im Dezember 1884 veröffentlicht. Seitdem haben ihm mehr als 5000 Beobachtungen dieses Ergebnis bestätigt. In einigen Fällen ist ein- und derselbe Radiant sogar mehrere Monate hindurch thätig. Als einen Beweis für die lange Dauer gewisser stationärer Radianten giebt Denning folgende Ergebnisse seiner Beobachtungen des Meteorstromes zwischen α und β Persei:

			R. D.				R. D.
20.	Juli	1877	. 47+45	15.	Sept	1885	48+43
23.—25.	Juli	1884	. 48+43	15.—16. . .	Sept.	1877	47+45
2.—10.	Aug.	1886	. 48+43	22.—30. . .	Sept.	1886	48+44
5.—14.	Aug.	1888	. 48+44	17.—24. . .	Okt.	1887	47+44
3.—16.	Aug.	1877	. 46+45	20.	Okt.	1879	45+46
19.—21.	Aug.	1884	. 46+44	12—14. . .	Nov.	1879	48+43
21.—23	Aug.	1879	. 46+47	27. Nov. — 8.	Dez.	1877—86	48+42
30.	Aug.	1887	. 46+43	28. Dez. — 11.	Jan.	1886—88	47+44
12—24	Sept.	1887	. 47+43	23. Febr. — 21.	März	1876—87	47+45

Die mittlere Lage ist hiernach 47° + 44°, und die Thätigkeit des Radianten erstreckt sich über die Zeit vom 20. Juli bis 12 März, also über 234 Tage. Denning giebt folgendes Ver-

zeichnis langdauernder, stationärer Radiationspunkte von Sternschnuppen.

No.	Scheinbare Dauer der Thätigkeit.	Radiant. R. °	D. °	Nächster Stern.
1	11. Juli — 22. September	6	+11	γ Pegasi.
2	11. Juli — 8. Oktober	7	+35	π Andromedae.
3	August — November	27	+71	φ Custos Messium.
4	27. Juli — 7. Dezember	30	+36½	β Trianguli.
5	30. Juli — 7. November	32½	+18	α Arietis.
6	Juli — 11. Januar	47	+44	β Persei.
7	Juli — November	54	+71	H_5 Camelopardi.
8	2. August — 8. Dezember	61	+37	ε Persei.
9	Juli Dezember	61	+49	μ Persei.
10	September — Dezember	64	+22	ε Tauri.
11	August — Februar	73	+41	α Aurigae.
12	25. August — Dezember	74	+14½	11 Orionis.
13	23. Juli — 31. Dezember	77	+32	β Tauri.
14	September — November	77	+56½	ξ Aurigae.
15	September — Dezember	98	+43	58 Aurigae.
16	September — Dezember	104	+11½	β Canis Minoris.
17	15. Oktober — Dezember	116	+31	α—β Geminorum.
18	25. September — Januar	120	+15	β Cancri.
19	14. Oktober — 31. Dezember	130	+20	δ Cancri.
20	November — Februar 1	132	+31	ε Cancri.
21	17. Oktober — 29. Dezember	134	+ 8	ζ Hydrae.
22	November — Februar	134	+68	σ Ursae Majoris.
23	15. Oktober — 11. Januar	141	+28	κ Leonis.
24	Oktober — April	142	+49	θ Ursae Majoris.
25	26. November — 27. Februar	145	+ 7	ο Leonis.
26	September — Dezember	154	+40½	μ Ursae Majoris.
27	Nov. — Dez. und März — April	161	+58	β Ursae Majoris.
28	14. November — 19. Januar	167	+ 4	τ Leonis.
29	7. November — 13. April	175	+10	β Leonis.
30	Oktober — November und April	190	+58	ε Ursae Majoris.
31	November, Dezember und Januar	221	+14	ζ Bootis.
32	Januar — Mai	227	— 3	β Librae.
33	Januar — Mai	235	+10½	α Serpentis.
34	Januar — Mai und September	253	+55½	μ Draconis.
35	Januar — Juni	261	+ 4½	β Ophiuchi.
36	Das ganze Jahr	262	+63	ζ Draconis.
37	März September	272	+21½	102 Herculis.
38	Februar — August	281	—13	λ Aquilae.
39	April — August	296	+ 0	η Aquilae.
40	April — September	302	+23½	17 Vulpeculae.
41	März — Oktober	313	+77	κ Cephei.
42	13. Mai — 13. August	314	+15	γ Delphini.
43	März — September	315	+49	α Cygni
44	Juli — Sept., Nov. und Januar	334	+58	δ Cephei.
45	Juni — Dezember	346	+ 0	β Piscium.

Die merkwürdige, von Denning behauptete Thatsache, dass es Sternschnuppenschwärme giebt, welche drei Monate und selbst noch länger aus denselben Radiationspunkten des Himmels ausstrahlen, ist mit den bisherigen Vorstellungen über die Bewegungen der Sternschnuppen nicht vereinbar. Eine mathematische Unter-

suchung hierüber hat Tisserand gegeben [1]). Derselbe kommt zu dem Ergebnisse, dass die Meteore, welche ihre Radianten nahe bei β Trianguli haben und nach Denning in der Zeit vom 16. Juli bis 14. November von dort ausstrahlen, durchaus nicht ein und demselben Schwarme angehören können. da die Bewegung bald direkt, bald retrograd sein müsste. Wahrscheinlich haben verschiedene Meteorschwärme ihre Radianten nahe bei β Trianguli. Nach Denning sind nun freilich solche Annahmen wenigstens in einigen Fällen seinen Beobachtungen gemäss nicht zulässig; wir haben also hier einen Widerspruch zwischen Beobachtung und Theorie, der zur Zeit unlösbar erscheint.

Der Meteorit von Ochansk. Am 30. August 1887 mittags $12^1/_2$ Uhr fiel in und um Ochansk an der Kama, im Gouvernement Perm in Russland, nahe beim Dorfe Tabory, ein Meteorit, dessen Gewicht auf 300 *kg* angegeben wird. Derselbe würde also den grossen Knyahinyastein, den grössten bisher aufbewahrten Meteoriten, noch übertreffen Hervorzuheben ist die hohe Temperatur dieses Steines, welcher nicht allein glühend herabgestürzt ist, sondern auch nach seinem Eindringen in den Boden so heiss blieb, dass man erst gegen 8 Uhr abends. also nach fast 4 Stunden, an sein Ausgraben gehen konnte Da nur wenige Beispiele von glühend gefallenen Meteoriten bekannt sind, so verdient darum der Taborystein eine besondere Beachtung

Ganz eigentümlich sind diesem Steine nach den Untersuchungen von Ed. Döll gewisse warzenförmige Hervorragungen auf dem Rücken des Meteoriten. Durch Eindringen von Rindensubstanz unter ihre Basis kam es zu Ablösungen solcher Warzen. Es ist dies eine neue Art der Zerteilung von Meteoriten innerhalb unserer Atmosphäre. Auffallend ist auch die Dicke der Rinde, welche auf dem Rücken zuweilen bis 10 *mm* stark ist. Es ist daher kein Meteorit bekannt, der eine solche mächtige Rinde aufweist. Entsprechend dieser Beschaffenheit der Rinde zeigen sich auf und in derselben sehr schön durch entwichene Gase gebildete Öffnungen und Höhlungen. Die Rindensubstanz ist auch auf Spalten in das Innere des Steines gedrungen Sehr lehrreich ist die Einsickerung von geschmolzenem Eisen Bei dem Schmelzen an der Oberfläche ist das in dem Ochansker Meteoriten reichlich in Form von Krystallen, Körnern und Schuppen vorhandene Eisen geschmolzen und hat sich, dichter als die gebildete Rinde, in dieser gesenkt, wobei in den Spalten ganze Bleche von 100 bis 800 *qmm* Fläche und 1 bis 1.5 *mm* Dicke entstanden sind.

Die Meteorite, welche in der Wüste Atacama gefunden worden sind. Herr L. Fletcher hat [2]) eine genaue Untersuchung sämtlicher aus der Wüste Atacama bekannten

[1]) Comptes rendus **109.** 1882 p. 241. [2]) M. Mag. London **8.** 1889. p. 223.

Meteoriten ausgeführt. Die Arbeit hat, abgesehen von der näheren Schilderung einer Anzahl bis jetzt noch unbeschriebener Meteorite des genannten Fundorts, den Zweck, eine genaue Katalogisierung aller Eisenmassen aus der Wüste Atacama, welche in den Sammlungen aufbewahrt werden, zu geben, um dadurch einer Reihe von falschen Vorstellungen über die Zahl und die Masse der von dort stammenden meteorischen Eisen entgegenzutreten. So wird bewiesen, dass die Gesamtmenge des meteorischen Eisens, welches in der betreffenden Gegend nach und nach aufgefunden wurde, durchaus nicht so massenhaft ist, als von einzelnen Gelehrten behauptet wurde. Ein Vergleich der Eisen, sowohl vom mineralogisch-chemischen, als vom geographischen Standpunkte aus ergiebt, dass die Zahl der Fundstellen höchstens 13 beträgt. Die Zusammenstellung der Fundorte, wie sie der Verfasser durchgeführt hat, erfolgte auf Grund eines sorgfältigen Studiums der verschieden etikettierten Stücke und der einschlägigen Litteratur. Einer Zusammenrechnung der bei einer solchen Kritik übrigbleibenden, authentisch verschiedenen Fundorte unter einen Fall, einen Meteoreisenregenschauer, widerspricht der Verfasser, und zwar aus dem doppelten Grunde, weil einmal für Eisenmassen eine solche gleichzeitige Lieferung vieler Stücke nicht bekannt ist: von den neun ihrer Fallzeit nach bekannten Eisenfällen lieferten nur zwei (Agram und Braunau) Doppelsteine, alle übrigen fielen als Einzelmassen nieder; sodann weil auch für die Meteorsteinschauer ein so grosses Zerstreuungsgebiet wie die Wüste Atacama nicht bekannt ist: das grösste Terrain überschüttete der Khaipurfall, aber nur in einer Erstreckung von 25 zu 5 *km*. So kommt der Verfasser zu dem Schlusse, dass es sich bei den Eisenmassen der Wüste Atacama, denen sich übrigens diejenigen von Nord- und Südkarolina der Menge nach durchaus an die Seite stellen lassen, um eine Anzahl vereinzelter, über eine grosse Zeitperiode hin sich erstreckender Fälle handelt, deren Material sich bei der Trockenheit der Gegend vorzüglich frisch erhält, ohne durch Verrosten unkenntlich zu werden. Bezüglich des Einwurfs, dass es dann auffallend sei, wie bei einer solchen grösseren Anzahl von Eisenfällen nur ein einziger Meteorstein aus gleicher Gegend bekannt ist, weist der Verfasser darauf hin, dass überall die Eisenmeteoriten länger kenntlich bleiben, als die Steine, und dass speziell in der Wüste Atacama durch die grossen Temperaturschwankungen das gesamte Gesteinsmaterial einer schnellen Zersplitterung unterliegt.

Der Ursprung der Meteorsteine. Die Thatsache, dass von Zeit zu Zeit Stein- und Eisenmassen aus der Luft auf den Erdboden herabstürzen, ist seit Chladni, und nachdem man im gegenwärtigen Jahrhundert diesen Vorgang häufig genug unmittelbar beobachtet hat, nicht mehr zu bezweifeln. Weniger sicher ist man bezüglich des Ursprungs dieser Meteorsteine, ja die

neuesten Untersuchungen haben in dieser Beziehung auf Schwierigkeiten geführt, die man früher nicht kannte. Pater Carbonelle hat zur Erklärung jüngst auf eine Hypothese zurückgegriffen, die ursprünglich von Lagrange aufgestellt worden ist, und Faye äussert sich darüber beifällig[1]) Es handelt sich dabei eigentlich um eine Vervollständigung der kosmogonischen Theorie von Laplace mit Bezug auf die Kometen. Laplace hatte geglaubt, bei Aufstellung seiner berühmten Hypothese die Kometen ausschliessen zu müssen. Er betrachtete sie als Fremdlinge im Sonnensystem, die aus den Tiefen des Raumes von der Sonne angezogen zu dieser niedersteigen in hyperbolischen oder parabolischen Bahnen und nur geschlossene Bahnen beschreiben könnten infolge einer mächtigen Störung von Seiten eines der grossen Planeten. Diese Idee von Laplace entsprang dem Umstande, dass er sich den Ursprung der Kometen nicht erklären konnte Lagrange, welcher die Arbeiten von Laplace in hohem Grade bewunderte, versuchte, die Kometen mit der Bildung des Sonnensystems zu verknüpfen, indem er sie selbst aus den Planeten hervorgehen liess, eine Idee, die bei ihm infolge einer Unterhaltung mit Olbers entstanden war. Dieser letztere berühmte Astronom hielt sich damals vorübergehend in Paris auf und entwickelte den dortigen Gelehrten seine Ansichten über den Ursprung der eben entdeckten kleinen Planeten. Indem er sich auf die Thatsache stützte, dass deren Bahnen sich in einem Punkte zu schneiden schienen, wo er selbst deren zwei entdeckt hatte, glaubte er, dass dieselben durch die Zertrümmerung eines grossen Planeten entstanden wären, der ehemals zwischen Mars und Jupiter um die Sonne kreiste. Lagrange übertrug diese Idee auf die Planeten, indem er die Kraft der Explosion beträchtlich grösser annahm. und berechnete die Geschwindigkeit, welche ein Körper haben muss, um von einem Planeten fortgeschleudert eine parabolische oder hyperbolische Bahn zu beschreiben. Nach dieser Theorie könnten alle Kometen mit einem der Planeten unsers Sonnensystems verknüpft werden. Faye hat gefunden, dass deren in der That vorhanden sind, und zwar in der Region der Erde, der Venus und des Merkur. Das Problem war übrigens leicht, denn nach einem von Laplace bewiesenen Satze muss ein Körper, der von einem Planeten abgeschleudert wurde, nach jedem Umlauf seinen Ausgangspunkt wieder passieren. Nun giebt es aber viele Kometen, welche niemals die Bahn irgend eines Planeten schneiden. Muss sonach die Hypothese von Lagrange zurückgewiesen werden bezüglich der Kometen, so liegt die Frage dagegen anders rücksichtlich der so häufig auf die Erde herabstürzenden Aërolithen. Es existiert eine so grosse Ähnlichkeit in der Zusammensetzung dieser Körper mit den Gesteinen aus den Tiefen der Erde, dass man versucht wird,

---

[1]) Societ. astr. de France, Sitzung vom 5. Juni 1889.

jenen einen irdischen Ursprung beizulegen. Indessen giebt es hier eine Schwierigkeit, nämlich die ungeheuere Geschwindigkeit, welche jenen Massen mitgeteilt werden musste, um sie aus dem Bereich der Erde zu schleudern Dieses Bedenken ist freilich nicht unübersteiglich, denn man kann mit einigem Grunde annehmen, dass die vulkanische Kraft auf der Erde in der Urzeit viel stärker war als gegenwärtig. Pater Carbonelle hatte die Idee Lagrange wieder aufgegriffen, um sie auf die Boliden anzuwenden. Er hat dabei die Arbeiten des amerikanischen Astronomen Newton benutzt, in welchen sich alles Material vorfindet, dass man sich über den Gegenstand überhaupt verschaffen könnte. Newton hat ungefähr 100 Beobachtungen gesammelt, welche die genaue Fallzeit und Fallrichtung von Aërolithen geben. Er hat ferner deren Radiationspunkte bestimmt und gefunden, dass dieselben alle der gleichen Hemisphäre des Himmels angehören.

Die geometrische Diskussion hat ferner gezeigt, dass alle diese Boliden in wenig (höchstens $30-35^0$) geneigten Bahnen einherlaufen, und zwar mit Geschwindigkeit von 12—28 *km*, Geschwindigkeiten, welche man ohne Bedenken wohl den Kraftäusserungen der alten irdischen Vulkane zuschreiben kann. Aber noch mehr. Man kann ohne jede Schwierigkeit an Stelle der irdischen Vulkane die Vulkane des Mondes setzen. Der Mond hat sicherlich dieselbe innere Zusammensetzung wie die Erde, und die Boliden könnten von ihm ebenso gut abstammen wie von letzterer. Dagegen müssen auf dem Monde die vulkanischen Kräfte sehr viel gewaltiger gewesen sein als auf der Erde, schon wegen der dort viel geringeren Schwere. Man bemerkt, dass die Mondvulkane keine Lavakegel haben, und dies scheint anzudeuten, dass bei ihren Ausbrüchen die Materie ausserordentlich hoch emporgeschleudert sein muss. Man könnte einwenden, dass auf dem Monde kein Wasser vorhanden ist, solches aber für das Zustandekommen vulkanischer Erscheinungen notwendig ist. Indessen ist es möglich, sogar wahrscheinlich, dass der Mond ehemals Wasser besass. Dasselbe verschwand seitdem, indem es nach und nach von den tiefen Schichten der Mondrinde absorbiert wurde. Was indessen die Hypothese eines irdischen Ursprungs der Meteoriten anbelangt, so ist sie von Herrn Newton vor kurzem endgiltig zurückgewiesen worden, und man kann den von ihm vorgebrachten Gründen noch andere schwerwiegende beifügen. Dagegen ist es etwas anderes mit der Herleitung der Meteoriten von dem Monde Diese Hypothese ist meiner Meinung nach gegenwärtig nicht so ganz unwahrscheinlich. Ich habe darauf vor Faye und Pater Carbonelle hingewiesen und die Unzulässigkeit der alten Einwürfe dagegen klar gestellt Es ist, da nun auch von anderer Seite der lunare Ursprung der Meteoriten diskutiert wird, nicht überflüssig, meine früheren Ausführungen hier zu wiederholen: Die Schwierigkeiten, welche man dieser Hypothese entgegengesetzt

hat, sind keineswegs so gross, als es den Anschein hat. Dass ein Körper, der vom Monde aufgeworfen mit einer Geschwindigkeit von 5 Meilen in der Sekunde bei der Erde anlangt, selbst eine Anfangsgeschwindigkeit von 33000 *m* gehabt haben muss, ist, ruhig betrachtet, kein Grund gegen die Möglichkeit eines lunaren Ursprungs desselben. Warum sollte es auf dem Monde keine explosiven Kräfte geben, die einem Körper eine solche Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen vermöchten? Betrachtet man die ungeheuren vulkanischen Gebilde der Mondoberfläche, jene kraterartigen Formationen, die Durchmesser von 10, ja 20 deutschen Meilen haben, so muss man zu der Überzeugung kommen, dass dort einst vulkanische Kräfte gewaltet haben müssen, neben denen unsere irdischen gar nicht in Betracht kommen können. Doch dies ist nur eine Schwierigkeit; eine andere sieht man in dem Umstande, dass nur bei einem ganz bestimmten Verhältnis der Richtung und Wurfgeschwindigkeit ein Körper vom Monde auf die Erde kommen kann. Das ist gewiss richtig, sobald man das Problem lediglich geometrisch betrachtet und den einzelnen Fall ins Auge fasst. Nehmen wir einmal an, es habe vor unbekannten Zeiten auf dem Monde eine ungeheuere Explosion stattgefunden, durch welche ein gewisser Teil seiner Oberfläche abgesprengt und zu kleinen Partikelchen zerschmettert wurde. Wir können uns diese Explosion so denken, dass sie, minenartig aus der Tiefe gegen die Oberfläche wirkend, ein gewaltiges Ringgebirge schuf und die Trümmer aus der Höhlung mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 4 bis 5 Meilen in den Raum schleuderte. Diese Körperteilchen werden dann Bahnen um den Mond beschreiben, die zum grössten Teile Ellipsen sind, allein Ellipsen der verschiedensten Lage und Exzentrizität. In solchen Bahnen können Milliarden von kleinen, meteoritenförmigen Gesteinsbrocken um den Mond oder auch um die Erde kreisen viele Jahrtausende hindurch, bis ihre Bahnen durch die störenden Einwirkungen des Mondes und der Erde successive solche Modifikationen erleiden, dass heute dieser und morgen jener Körper auf die Erde herabkommt. Solche Bahnumgestaltungen infolge von störenden Kräften haben nachweislich bei gewissen Kometen stattgefunden, und wir können das Herabfallen von Meteoriten auf diese Weise erklären, wenn wir nur annehmen, dass die Zahl der Trümmer, welche einst vom Monde in den Raum geschleudert wurden, sehr gross war. Dem steht aber durchaus nichts entgegen; ja man müsste sich sogar wundern, wenn bei der Entstehung der grossen Mondkrater keine Explosionen, wie sie hier angenommen werden, stattgefunden hätten. Was man unter Umständen von vulkanischen Paroxysmen erwarten kann, hat ja jüngst der Krakatau gelehrt, obgleich er ein Vulkan von so winziger Bedeutung neben den Mondformationen ist, dass er gar nicht in Vergleich gebracht werden

kann. Die einzige ernstliche Schwierigkeit gegen die hier vorgebrachte Hypothese wäre der Nachweis, dass die Meteoriten wirklich in hyperbolischen Bahnen durch die Himmelsräume sich bewegen, denn dann würden sie auf die Sternenwelt als ihre Heimat verweisen. Allein dieser Beweis ist in der erforderlichen Strenge durchaus noch nicht erbracht, und man kann daher vielleicht an dem lunarischen Ursprunge der Meteoriten festhalten, ohne befürchten zu müssen, gegen unwiderlegbare Thatsachen zu verstossen.

Fixsterne.

Sternfarben. Die Bestimmungen der Sternfarben aus Beobachtungen, sowie Untersuchungen über die Zahl und Verteilung der farbigen Sterne sind noch immer sehr wenig ausgedehnt Hauptsächlich liegt dies daran, dass die Farben der Sterne an und für sich sehr wenig hervortreten, und ausserdem die Auffassung der Nuancen durchaus individuell ist. F. W. Levander hat jüngst eine Zusammenstellung der Farbenbezeichnungen der Sterne, geordnet nach der Helligkeit der letzteren, veröffentlicht. Das Material zu dieser Arbeit lieferten die Kataloge von Chambers, Franks, Herschels Kap-Beobachtungen, Tupman und Webb's Werk: Celestial Objects. Im ganzen finden sich in diesen Werken 4984 farbige Sterne aufgeführt. Es wurden hierbei nur diejenigen Sterne berücksichtigt, bezüglich deren Färbung übereinstimmende Angaben vorlagen. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate der Untersuchung.

Grösse	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—	Total
Aschfarbig . . .	—	—	—	—	—	1	5	67	73
Blau	1	2	—	1	—	5	30	242	281
Karmosin . . .	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Granat	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Grün	—	—	—	1	4	2	7	25	39
Grauweiss	—	—	—	—	2	3	2	28	35
Lila	—	—	—	—	2	4	5	25	36
Orange	3	6	21	47	120	96	65	18	376
Purpurfarbe . . .	—	—	—	—	1	2	1	20	24
Rot	2	2	4	8	40	63	107	194	420
Rubinfarbe . . .	—	—	—	—	—	—	—	9	9
Scharlach	—	—	—	—	—	—	2	3	5
Violett	—	—	—	—	—	—	5	9	14
Weiss	6	30	79	158	410	417	487	1041	2628
Gelb	8	22	79	129	265	250	154	135	1042
	20	62	183	344	844	843	870	1818	4984

Eigenbewegungen der Fixsterne. Eine Zusammenstellung der Eigenbewegungen der Fixsterne von 0.5″ jährlich und darüber hat J. Bossart geliefert [1]). Diese Arbeit ist sehr vollständig, denn alle vorhandenen Kataloge und astronomischen

Zeitschriften wurden zu diesem Behufe durchgegangen und die Angaben über die Eigenbewegungen kritisch geprüft. Auf diese Weise sind mehrere bisherige Angaben über aussergewöhnlich grosse Eigenbewegungen als irrig erkannt worden. Die nachstehende Tabelle enthält sämtliche hierhin gehörige Sterne, geordnet nach der Grösse ihrer jährlichen Eigenbewegung.

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
1830 Groombr.	6	11.46	+38.34	+0.346	—5.78	7.05	145.0	Argelander.
9352 Lac.	7	22.59	—36.29	+0.567	+1.31	6.97	79.2	A. N. 2377.
32416 Cordoba	8.9	23.59	—37.53	+0.474	—2.33	6.08	112.5	A. N. 2661.
61¹ Cygni	5	21. 1	+38.12	+0.344	+3.23	5.20	51.5	Auwers.
61² Cygni	6	21. 1	+38.12	+0.350	+3.03	5.14	53.9	Auwers.
21185 Lal.	7.8	10.57	+36.50	—0.045	—4.72	4.75	186.6	Argelander.
ε Indi	5	21.55	—57.14	+0.480	—2.45	4.60	122.2	Stone.
21258 Lal.	8.9	11. 0	+44. 5	—0.400	+0.94	4.40	282.4	Argelander.
o² Eridani	4.5	4.10	— 7.49	—0.144	—3.44	4.05	211.9	Auwers.
14318 A. O.	9	15. 4	—15.54	—0.065	—3.65	3.76	194.2	A. N. 2377.
14320 A. O.	9	15. 4	—15.49	—0.065	—3.65	3.76	194.2	A. N. 2377.
μ Cassiopeae	5	1. 0	+54.26	+0.386	—1.58	3.73	115.1	Auwers.
α_1 Centauri	3	14.32	—60.23	—0.473	+0.81	3.62	282.9	Stone.
α_2 Centauri	1	14.32	—60.23	—0.476	+0.81	3.62	282.9	Stone.
11677 A. O.	9	11.14	+66.27	—0.507	+0.21	3.05	274.0	A. N. 2192.
1060 Lac.	4.5	3.15	—43.29	+0.266	+0.75	2.99	75.5	Stone.
248 Lal.	7.8	0.12	+43.24	+0.257	+0.40	2.83	81.9	Paris.
25372 Lal.	8.9	13.40	+15.30	+0.127	—1.44	2.33	128.1	Argelander.
Arcturus	1	14.10	+19.47	—0.080	—1.98	2.28	209.7	Auwers.
β Hydrae	3	0.20	—77.52	+0.720	+0.32	2.24	82,0	Stone.
7443 Lal.	9.10	3.56	+35. 1	+0.147	—1.32	2.24	126.0	Argelander.
123 Piazzi IIʰ	6	2.30	+ 6.21	+0.118	+1.31	2.19	53.3	Paris.
ζ Toucan	5	0.14	—65.31	+0.280	+1.14	2.08	56.8	Stone.
3077 Bradley	6	23. 8	+56.34	+0.249	+0.29	2.08	82.0	Auwers.
15290 Lal.	8	7.46	+30.58	+0.061	—1.81	1.97	156.6	Argelander.
τ Ceti	3.4	1.39	—16.31	—0.122	+0.86	1.96	296.0	Auwers.
212 Piazzi XIVʰ.	6	14.51	—20.55	+0.068	—1.68	1.93	150.5	Paris.
σ Draconis	5	19.32	+69.30	+0.097	—1.77	1.84	163.9	Auwers.
18115 Lal.	8	9. 7	+53.10	—0.174	—0.65	1.69	247.5	Argelander.
δ Pavon.	3.4	19.58	—66.28	+0,193	—1.23	1.69	136.7	Stone.
8362 Lac.	6	20. 4	—36.22	+0.003	—1.60	1.65	166.3	Stone.
30694 Lal.	7	16.47	+ 0.13	—0.047	—1.45	1.61	206.1	Schjellerup.
31055 Lal.	8	16.59	— 4.53	—0.070	—1.20	1.59	221.2	Schjellerup.
2957 Lac.	6	7.41	—33.58	—0.022	+1.50	1.52	349.8	Stone.
61 Virginis	5	13.12	—17.42	—0.076	—1.06	1.52	225.8	Auwers.
ζ_1 Reticuli	5.6	3.15	—63. 0	+0.194	+0.65	1.47	63.8	Stone.
3386 Lac.	6	8.29	—31. 9	—0.101	+0.70	1.47	298.5	Stone.
ζ² Reticuli	5.6	3.16	—62.55	+0.190	+0.65	1.44	63.1	Stone.
1643 Fedoren.	6	10. 5	+50. 1	—0.139	—0.50	1.43	249.4	Argelander.
30044 Lal.	7	16.25	+ 4.28	—0.029	—1.36	1.43	197.8	Argelander.
ν Indi	5.6	22.15	—72.47	+0.281	—0.69	1.43	118.9	Stone.
8381 Lac.	6	20. 8	—27.22	+0.083	+0.76	1.42	57.7	A. N. 398.

[1]) Bull Astronomique 7. Mars. 1890. pag. 98 u. ff.

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	Position 1890.0 D.	Eigenbewegung in AR.	Eigenbewegung in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
147 Lac. . . .	6	0.32	—25.22	+0.103	—0.06	1.41	92.4	Paris.
1384 Fedoren.	7	8.45	+71.14	—0.281	—0.38	1.40	254.4	Argelander.
6888 Lal. . .	9	3.39	+41. 9	+0.054	—1.23	1.38	153.8	Argelander.
38383 Lal. .	8	19.59	+23. 3	—0.073	—0.94	1.38	227.1	A. N. 2940.
46650 Lal. .	9	23.43	+ 1.50	+0.064	—0.95	1.36	134.4	Astr. Journ. 200.
38692 Lal. .	9	20. 8	—27.22	+0.098	—0.26	1.33	101.3	Argelander.
189 Piazzi 0^h	6	0.43	+ 4.43	+0.039	—1.18	1.32	153.4	Paris.
Sirius . . .	1	6.40	—16.33	—0.037	—1.20	1.32	204.2	Auwers.
γ Serpent . .	3	15.51	+16. 3	+0.019	—1.29	1.32	167.7	Auwers.
20452 A. O. .	8.9	20.17	—21.41	+0.040	—1.20	1.32	155.0	Cincinnati.
27744 Lal. .	6.7	15. 8	— 0.55	—0.080	—0.50	1.31	247.4	Argelander.
322 Weisse$_1$.	8	17.20	+ 2.15	—0.040	—1.17	1.31	207.2	Astr. Journ. 200.
ι Persei . .	4	3. 1	+49.11	+0.129	0.00	1.30	90.0	Paris.
85 Pegasi . .	6	23.56	+26.31	+0.062	—0.98	1.29	139.4	Auwers.
17415 A. O. .	9	17.37	+68.27	—0.068	—1.21	1.27	197.1	Argelander.
Procyon . .	1	7.33	+ 5.30	—0.047	—1.03	1.26	214.6	Auwers.
36 Ophiuchus	5	17. 9	—26.26	—0.039	—1.14	1.26	204.5	Auwers.
9383 Stone .	6.7	17. 9	—26.26	—0.039	—1.14	1.26	204.5	Stone.
30 Scorpii . .	7	17. 9	—26.22	—0.039	—1.13	1.25	205,1	Auwers.
4887 Lac. . .	6	11.41	—39.54	—0.100	+0.39	1.21	288.7	Jacob.
4955 Lac. . .	7	11.52	—27. 4	—0.077	—0.61	1.20	239.4	A. N. 2565.
43 Comae . .	4	13. 6	+28.26	—0.061	+0.90	1.20	318.4	Auwers.
28607 Lal. .	7	15.37	—10.34	—0.079	—0.28	1.20	256.5	A. N. 2806.
η Cassiopeae .	4	0.42	+57.14	+0.135	—0.48	1.19	113.8	Auwers.
15565 Lal. .	8	7.54	+29.34	—0.008	—1.16	1.16	184.9	Paris.
δ Trianguli .	5.6	2.10	+33.44	+0.090	—0.22	1.14	101.1	Auwers.
1189 Weisse$_1$	7.8	4.55	— 5.52	+0.037	+1.00	1.14	28.8	Schjellerup.
70 Ophiuch .	4	17.59	+ 2.32	+0.013	—1.11	1.13	169.8	Auwers.
ϑ Ursae . .	3	9.25	+52.11	—0.104	—0.56	1.12	240.0	Auwers.
20 Hydrae .	6	11.29	—32.15	—0.053	+0.87	1.10	322.0	Auwers.
27298 Lal. .	9	14.52	+54. 6	—0.113	+0.49	1.10	296.3	Argelander.
22986 Lal. .	8.9	12.10	— 2.24	—0.071	—0.17	1.08	261.0	A. N. 2299.
72 Herculis .	6	17.16	+32.38	+0.009	—1.03	1.04	173.9	Auwers.
27026 Lal. .	7.8	14.45	—23.50	—0.065	—0.48	1.02	241.9	A. N. 2734.
8620 Lac. . .	6	20.50	—44.31	—0,043	—0.91	1.02	206.8	Stone.
16304 Lal. .	6	8.13	—12.15	+0.015	—0.98	1.01	166.8	Paris.
44964 Lal. .	8	22.54	—23. 7	—0.071	0.00	1.01	270.0	A. N. 2578.
5490 Lal. . .	7.8	2.55	+61.18	+0.100	—0.69	1.00	133.6	Argelander.
172 Lac . . .	5	0.35	—60. 4	+0.120	+0.42	0.99	65.0	Stone.
ε Eridan . .	3 4	3.27	— 9.50	—0.068	+0.01	0.99	270.6	Auwers
22954 Lal. .	7.8	12. 9	— 9.39	+0.007	—0.99	0.99	174.2	Argelander.
61 Piazzi . .	8	5.16	+ 3.28	—0.065	+0.01	0.98	270.6	Greenw. 1850.
1646 Groomb.	6	10.21	+49.24	+0.013	—0.96	0.97	172.8	A. N. 1036.
b Aquilae . .	5	19.19	+11.43	+0.049	+0.65	0.97	47.9	Auwers.
241 Weisse$_2$.	6.7	13.14	+35.43	+0.031	—0.89	0.96	156.7	Argelander.
2874 A + 25°	9	15. 3	+25.20	—0.064	+0.41	0.96	295.2	A. N. 2935.
181 Weisse$_2$.	9	8.11	+30.58	—0.025	—0.89	0.95	199.7	Argelander.
26630 Lal. .	7.8	14.31	—11.50	—0.059	+0.39	0.94	294.2	Argelander.
2138 Lac. . .	5.6	5.46	—80.33	+0.034	+0.93	0.93	4.9	Stone.
8960 Lac. . .	7	21.50	—57.14	—0.044	+0.70	0.93	318.5	A. N. 1066.
9061 Lac. . .	6	22. 8	—41.54	+0.047	—0.75	0.92	144.8	Stone.
10299 Lal. .	8	5.23	— 3.34	—0.020	—0.86	0.91	199.2	Paris.
127 Piazzi XIV^h.	7	14.32	—11.51	—0.058	+0.35	0.91	292.6	A. N. 641.
η Serpentis .	3.4	18.15	— 2.56	—0.040	—0.68	0.91	221.4	Auwers.
38380 Lal. .	5.6	19.59	+29.36	+0.055	—0.55	0.91	127.7	Argelander.

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
802 Weisse$_1$ . .	9	20.33	+ 5.16	+0.059	−0.13	0.90	98.3	Schjellerup.
υ Andromedae .	5.6	1.35	+42. 4	+0.078	−0.15	0.89	99.8	Paris.
1688 Fedoren. .	6	10.21	+49.23	+0.012	−0.88	0.89	172.4	Argelander.
25012 Lal. . .	7.8	13.26	− 1.46	−0.056	+0.24	0.88	286.0	Argelander.
23995 Lal. . .	9	12.47	−17.53	+0.020	−0.82	0.87	160.8	Argelander.
24168 Lal. . .	8	12.53	− 9.15	−0.057	+0.17	0.86	281.0	Argelander.
97 Weisse$_2$ . .	8	21. 7	+17.19	−0.007	−0.85	0.86	186.7	Argelander.
9585 Lac. . .	7	23.41	−42.10	+0.010	−0.85	0.86	172.6	Stone.
λ Aurigae . .	5	5.11	+40. 0	+0.045	−0.66	0.85	142.3	Auwers.
31132 Lal. . .	8	16.59	+47.12	+0.011	+0.84	0.85	7.8	Argelander.
39866 Lal. . .	9	20.34	+ 4.35	+0.058	+0.09	0.85	84.0	Astr. Journ. 200.
24168 Lal. . .	8	12.53	− 9.15	−0.055	+0.17	0.84	281.7	Schjellerup.
γ Pavon . . .	3	21.17	−65.52	+0.019	+0.83	0.84	8.2	Stone.
43492 Lal. . .	7	22.12	+12.21	+0.057	+0.05	0.84	86.1	Argelander.
μ Herculis . .	3.4	17.42	+27.47	−0.024	−0.75	0.82	203.7	Auwers.
η Cephei . . .	3.4	20.43	+61.24	+0.013	+0.81	0.82	11.2	Auwers.
15950 Lal . .	7	8. 5	+32.49	−0.035	−0.68	0.81	213.5	Paris.
ϑ Centauri . .	2	14. 0	−35.50	−0.044	−0.61	0.81	221.0	Auwers.
ϱ Coronae . .	5.6	15.57	+33.39	−0.018	−0.78	0.81	195.8	Auwers.
1045 Lal. . . .	7	0.35	+39 36	+0.032	−0.71	0.80	152.5	Paris.
27274 Lal. . .	8.9	14.54	−21.33	−0.042	−0.54	0.80	227.5	A. N. 2645.
999 Lal. . . .	7.8	0.33	+ 2.31	+0.050	+0.25	0.79	71.6	Paris.
19022 Lal. . .	8	9.37	+43 14	+0.002	−0.79	0.79	178.4	Argelander.
83 Leonis . . .	6	11.21	+ 3.37	−0.051	+0.18	0.79	283.2	Auwers
χ Herculis . .	6	15.49	+42.45	+0.037	+0.60	0.79	40.9	Auwers.
9537 Lac. . . .	6	23.33	−73 18	+0.024	−0.78	0.79	172.7	Stone.
6320 Lal. . . .	8	3.20	− 5.43	−0.000	−0.78	0.78	180 0	Paris.
11196 Lal. . .	7	5.50	+13.56	+0.035	−0.53	0.78	136.7	Armagh.
8 Canum . . .	4	12.28	+41.57	−0.065	+0.29	0.78	291.0	Auwers.
7563 Lal. . . .	8	4. 0	+37.47	+0.061	−0.23	0.77	107.5	Paris.
8735 Lal. . . .	7.8	4.34	+41.55	+0.058	−0.42	0.77	122.9	Paris.
β Virginis . .	4	11.44	+ 2.23	+0.048	−0.26	0.77	110.0	Auwers.
49 Ceti . . .	5.6	15.54	−16.12	−0.047	−0.37	0.77	241.5	Auwers.
11 Leonis minoris	6	9.29	+36.19	−0.060	−0.24	0.76	251.6	Auwers.
32 Piazzi XI^h .	8	11.13	− 4.27	+0.049	−0.14	0.76	100.6	Armagh.
δ Eridani . . .	4	3.38	−10. 8	−0.008	+0.74	0.75	350.8	Auwers.
8139 Lac. . . .	7	19.26	−28 13	0.000	−0.75	0.75	180.0	A. N. 1066.
ν Phenicis . .	4.5	1.10	−46. 7	+0.070	+0.15	0.74	78.4	Cap 1860.
305 Piazzi VI^h .	6	6.57	+29.31	+0.014	−0.72	0.74	166.0	Paris.
321 Piazzi VIII^h.	6.7	8. 5	+32.49	−0.025	−0.67	0.74	205.5	Sev. Years Cat.
ξ Ursae . . .	4	11.12	+32 9	−0.037	−0,57	0.74	219.5	Auwers.
29437 Lal. . .	6	16. 4	+ 6.42	+0 016	−0.71	0.74	162.7	Argelander.
2966 Lal. . . .	8	1.33	+66.21	+0.113	−0.26	0 73	110.6	Argelander.
12 Eridani . .	4	3. 7	−29.25	+0.025	+0.66	0.73	25.9	Auwers.
γ Piscium . . .	4	23.11	+ 2.41	+0.049	+0.02	0.73	88.4	Auwers.
107 Piscium . .	5.6	1.36	+19.45	−0.021	−0.66	0.72	204.5	Auwers.
10797 Lal. . .	8	5.38	+37.16	+0.042	−0.52	0.72	135.8	Argelander.
24414 Lal. . .	7	13. 3	+ 5.49	+0.005	−0.72	0.72	173.6	Argelander.
21319 A. O. . .	9	21.14	−20.18	−0.010	−0.71	0.72	191.2	Cincinnati.
1065 Lal . . .	6	0.35	−24.24	+0.047	−0.32	0.71	116.6	Paris.
9960 Lal . . .	8	5.14	− 3.12	+0.047	+0.12	0.71	80.3	Paris.
23917 Lal. . .	7.8	12 44	+ 1.50	−0.002	−0.71	0.71	182 4	Astr. Journ. 200.
36872 Lal. . .	7.8	19.26	−28.13	+0.002	−0.71	0.71	177.7	Argelander.
20 Leonis minoris	6	9.55	+32.29	−0.043	−0.43	0.70	232.0	Auwers.
41363 Lal. . .	7	21.13	−26.47	−0.046	−0.34	0.70	240.7	Argelander.

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
9012 Lal.	7.8	4.44	+45 40	+0.038	−0.57	0.69	145.6	Paris.
δ Leporis	5	5.46	−20.53	+0.016	−0.65	0.69	160.5	Auwers
22632 Lal.	6	11.57	+43.43	−0.036	−0.57	0.69	214.2	Argelander.
745 Groomb.	8	3.47	+75.52	+0.098	−0.57	0.68	147.8	Argelander.
13427 Lal.	9	6.53	+48.33	+0.059	−0.35	0.68	121.3	Argelander.
ε Scorpii	3	16.42	−34. 6	−0.050	−0.27	0.68	246.5	Auwers.
χ Eridani	4	1.52	−52. 9	+0.067	+0.25	0.67	68.0	Stone.
17161 Lal.	9.10	8.38	+42. 6	−0.028	−0.59	0.67	207.2	Argelander.
1822 Groomb.	8	11.40	+48.17	−0.062	−0.25	0.67	247.7	Argelander.
69 Weisse$_1$	8	12. 7	− 2.29	−0.037	+0.38	0,67	304.7	A. N. 2299.
1005 Weisse$_1$	9	17.51	− 1.23	−0.009	+0.66	0.67	348.1	Glasgow.
3638 Fedoren.	7	20.52	+74.20	+0.102	+0.52	0.67	38.7	Argelander
475 Lal.	8.9	0.19	−27.38	+0.049	0.00	0.66	90.0	Paris.
2459 Bradley	5.6	19.21	+24.43	−0.015	−0.63	0.66	197.6	Auwers.
159 Piazzi I^h	6.7	1.39	+63.13	+0.088	−0.26	0.65	113.3	Argelander.
1198 Lal.	8.9	0.39	+ 1.12	0.000	−0.64	0.64	180.0	Paris.
2450 Lal.	7	1.16	+18. 6	+0.045	0.00	0.64	90.0	Paris.
22069 Lal. seq.	7	11.33	+45.43	−0.061	+0.04	0.64	273.2	Argelander.
24504 Lal.	8.9	13. 6	+10.12	−0.034	+0.40	0.64	308.7	Schjellerup.
5 Serpent.	5.6	15.14	+ 2 12	+0.024	−0.53	0.64	145.9	Auwers.
36245 Lal. pr.	8	19. 9	+49.38	−0.015	+0.62	0.64	346.5	Argelander.
α Aquilae	1.2	19.45	+ 8.35	+0.035	+0.38	0.64	53.8	Auwers.
3738 Fedoren	9	21. 9	+73.16	−0.073	−0.56	0.64	209.7	Argelander.
1159 Groomb.	6	6.27	+79.42	0.000	−0.63	0.63	180.0	Paris.
Pollux	1	7.38	+28.17	−0.048	−0.05	0.63	265.5	Auwers.
70 Virginis	5.6	13.23	+14.22	−0.018	−0.57	0.63	204.5	Auwers.
1966 Lal.	9	1. 2	+60.57	+0.084	+0.09	0.62	82.2	Argelander
15547 Lal.	8	7.53	+21.10	+0.019	−0.56	0.62	154 3	Paris.
520 Weisse$_1$	6.7	10.31	−11.37	+0.015	−0.58	0.62	158.9	Argelander.
3205 Fedoren.	6	19.29	+58.22	−0.062	−0.39	0.62	231 2	Argelander
40215 Lal.	8	20.39	+75.11	+0.101	+0.48	0.62	39.4	Argelander.
46495 Lal.	9	23.38	+57.27	+0 049	+0.47	0.62	40.2	Argelander.
54 Piscium	6.7	0.33	+20.40	−0.034	−0.37	0 61	232.3	Paris.
2740 Lac.	6	7.15	−46.48	−0.024	+0 56	0.61	335.9	Stone.
113 Weisse$_1$	8	3. 9	+ 8.35	+0.030	−0.40	0.60	131.7	Glasgow.
81 Cancris	6.7	9. 6	+15 26	−0 038	+0.25	0.60	294.4	Auwers.
22908 Lal.	7	12. 7	+11.28	+0.010	−0.58	0.60	165.5	Glasgow.
25484 Lal.	6.7	13.45	−23.51	−0.040	−0.26	0.60	244.8	Argelander.
728 Weisse$_1$	8	14.41	+10. 7	+0.004	−0.60	0.60	174.3	Glasgow.
ζ Herculis	3	16.37	+31.48	−0.036	+0.41	0.61	312.3	Auwers.
χ Draconis	4.5	18.23	+72.42	+0.113	−0.37	0.60	128.2	Auwers
43205 Lal.	8	22. 3	+52.36	−0.055	−0.34	0.60	235.8	Argelander.
3436 Fedoren	6.7	20.16	+66.30	+0.089	+0.27	0.60	63.3	Argelander.
2387 Lal.	9	1.14	− 9.30	−0.018	−0.53	0.59	206.1	Paris.
4141 Lal.	7	2.10	+23.46	+0.044	−0.16	0 59	105.7	Paris.
4855 Lal.	8	2.32	+30.21	−0.029	−0.45	0.59	220.2	Paris.
514 Weisse$_1$	8.9	17.29	+ 6. 5	−0.029	+0.40	0.59	312.3	Glasgow
38100 Lal.	8	19 54	−10.14	−0.027	−0.44	0.59	222.3	Schjellerup.
39816 Lal.	6 7	20.34	−24.11	+0.032	+0.40	0.59	46.9	Argelander.
γ Virginis	3	12.36	− 0.51	−0 039	+0.02	0.58	272.0	Auwers.
26 Draconis	6	17.34	+61.58	+0.038	−0.52	0.58	152.3	Argelander.
4371 Fedoren	8	23. 1	+67.49	+0.100	+0.13	0.58	76.7	Argelander.
β Cassiopeae	2	0. 3	+58.33	+0.067	−0.20	0.57	110.7	Paris.
1964 Lal.	9	1. 2	+22.23	+0.013	−0.54	0.57	160.6	Paris
146 Piazzi V^h	6.7	5.32	+53 26	0.000	−0.57	0.57	179.8	Argelander.

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultante	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
ϱ^2 Cancri . . .	6	8.46	+28.46	—0.039	—0.23	0.57	246 2	Auwers.
15 Sagittae . .	6	19.59	+16.47	—0.030	—0.38	0.57	228.5	Auwers.
40849 Lal. . .	9	21. 0	+ 6 39	+0.003	—0.57	0.57	175.0	Argelander.
23166 A. O. . .	7	23.54	—20.38	+0 040	—0.30	0 57	169.4	Cincinnati.
3227 Br. . . .	7.8	2. 6	+67.10	+0.080	—0.30	0.56	122.6	Auwers.
6429 Lal. . . .	8.9	3.23	—20.11	+0.037	+0.23	0.56	65.7	Cincinnati.
14146 Lal. . .	9	7.11	—12.52	—0.037	+0.12	0.56	282.3	Paris.
216 Weisse$_1$ . .	8.9	13.15	+ 4.42	—0.035	+0.21	0.56	292.0	Astr. Journ. 200.
39 Serpentis . .	7	15.48	+13.33	—0 012	—0.53	0.56	198.8	Auwers.
42883 Lal. . .	7	21.54	+29.18	—0.029	—0.41	0.56	222.9	Argelander.
ι Piscium . . .	4	23.34	+ 5. 2	+0.023	—0.44	0.56	141 5	Auwers.
10 Tauri . . .	4.5	3.31	+ 0. 4	—0.016	—0 50	0.55	205.6	Auwers.
π' Orionis . . .	3	4.44	+ 6.46	+0.037	—0 01	0.55	91 0	Paris.
2106 Lac. . . .	5.6	5.53	—63. 7	+0.021	+0.53	0.55	14.8	Stone.
18076 Lal. . .	7.8	9. 3	—14.42	—0.035	—0.20	0.55	249.0	Argelander.
37120 Lal. . .	7	19.29	+32 57	—0.039	+0.23	0.55	295.0	Argelander.
8262 Lac. . . .	7	19.48	—24.12	—0.007	—0.56	0.55	193 8	A. N. 2661.
38139 Lal. . .	9	19.55	—12.33	—0.024	—0.42	0.55	219.8	Schjellerup.
6108 Lal. . . .	8	3.13	+27. 9	+0.041	0.00	0.54	90.0	Paris.
τ^6 Eridani . .	4.5	3.42	—23.34	—0.013	—0.53	0.54	198.8	Auwers.
9986 Lal. . . .	6.7	5.14	—18.15	+0.038	—0.05	0.54	95.3	Paris.
990 Groomb. . .	8	5.30	+51.22	—0.057	+0.09	0.54	279.1	Argelander.
18 Scorpii . . .	5	16. 9	— 8. 4	+0.011	—0.51	0.54	161.6	Auwers.
32047 Lal. . .	7	17.25	+67.24	—0.093	0.00	0.54	270.0	Argelander.
34986 Lal. . .	7.8	18.43	+10.38	+0.012	—0.51	0.54	160.6	Glasgow.
τ Cygni . . .	4	21.10	+37.35	+0.015	+0.51	0.54	19.4	Paris.
45455 Lal. . .	8	23. 8	— 9.31	+0.037	—0.03	0.54	92.9	Argelander.
6772 Lal. . . .	7.8	3.36	+42.16	+0 040	—0.30	0.53	124.3	Paris.
13849 Lal. . .	7	7. 4	+21.27	—0.010	—0.51	0.53	185.3	Paris.
22701 Lal. . .	8.9	12. 0	— 0.54	—0.035	0.00	0.53	270.0	Schjellerup.
268 Weisse$_1$ . .	8.9	15.17	+ 1.49	—0.026	—0.36	0.53	227.3	Astr. Journ. 200.
2635 Lal. . . .	8	1.22	— 0.42	+0.020	—0.42	0.52	143.6	Paris.
2682 Lal. . . .	8	1.24	+21.10	+0.035	—0.18	0.52	110.2	Paris.
m Tauri . . .	5.6	5. 1	+18.30	+0.038	+0.02	0.52	87.8	Auwers.
2501 Lac. . . .	6	6.49	—28.23	+0.029	—0.35	0.52	131.9	Paris.
469 Mayer . .	7	11. 8	+20.43	—0.030	—0.30	0.52	234.5	Rümker.
β Leonis . . .	2.3	11.43	+15.11	—0.036	—0.10	0.52	258.9	Auwers.
33 Virginis . .	6	12.41	+10.10	+0.018	—0.44	0.52	148.5	Auwers.
25404 Lal. . .	6	13.42	+ 6.54	—0.032	—0.20	0.52	247.4	A. N. 786.
30024 Lal. . .	7	16.24	+18.39	—0.024	+0.39	0.52	318.2	Argelander.
1454 Weisse$_1$.	8	20.59	+ 2 34	—0.023	—0.39	0.52	221.9	Astr. Journ. 200.
ξ Pegasi . . .	5	22.41	+11.37	+0.013	—0.48	0.52	158.4	Auwers.
45599 Lal. . .	8	23.13	+ 4.48	+0.034	—0.11	0 52	102.2	Astr. Journ. 200.
4268 Lal. . . .	7	2.12	+ 1.13	+0.023	+0.37	0.51	43.8	Argelander.
ι Ursae . . .	3.4	8.52	+48.28	—0.044	—0.25	0.51	240.4	Auwers.
10 Ursae . . .	4	8.53	+42.14	—0.040	—0.26	0.51	239.4	Auwers.
γ Leonis . . .	2.3	10.14	+20.24	—0.037	0.00	0.51	270.0	Argelander.
α Hydrae . . .	4	10.54	—17.43	—0.034	+0.16	0.51	288.4	Auwers.
24774 Lal. . .	8	13.16	+43.42	—0.047	—0.03	0.51	266.2	Argelander.
26289 Lal. . .	6	14.18	+ 1.45	+0.010	—0.49	0.51	163.0	Astr. Journ. 200.
σ Pegasi . . .	5.6	22.46	+ 9.15	+0.034	+0.05	0.51	84.4	Auwers.
3022 Lal. . . .	7.8	1.34	+27.33	+0.036	+0.15	0.50	72.7	Paris.
6788 Lal. . . .	7	3.35	— 2.41	+0.029	—0.26	0.50	121.2	Paris.
1339 Groomb. .	7	7.38	+80.33	—0.009	0.00	0.50	270.0	Paris.
22585 Lal. . .	6	11.55	— 9.49	+0 003	—0.50	0.50	174.3	Auwers.

Namen.	Grösse	Position 1890.0 AR.	D.	Eigenbewegung in AR.	in D.	Resultat	Richtung	Autorität.
		h m	° ′	s	″	″	°	
δ Virginis . . .	3	12.50	+ 4. 0	—0.034	—0.05	0.50	264.3	Auwers.
9011 Lal. . . .	8	4.42	+18.32	+0.018	—0.41	0.49	147.6	Paris.
23806 Lal. . . .	7	12.41	—11.13	—0.033	0.00	0.49	270.0	Schjellerup.
42 Comae . . .	4.5	13. 4	+18. 7	—0.033	+0.15	0.49	287.7	Auwers.
i Centauri . . .	5	13.39	—32.29	—0.037	—0.15	0.49	252.3	Auwers.
τ Bootis . . .	5	13.42	+18. 0	—0.035	+0.04	0.49	274.7	Auwers.
β Triangel aust.	3	15.45	—63. 5	—0.027	—0.43	0.49	202.7	Stone.

Die Bewegung der Sterne in der Gesichtslinie zur Erde hin ist ein Problem, mit welchem die Astronomen sich erst beschäftigen konnten, seit die Spektralanalyse die Wege dazu gebahnt hatte, und die Vervollkommnung der bezüglichen Instrumente die Mittel lieferte. Das Prinzip dieser Anwendung ist schon 1842 von Doppler ausgesprochen werden in einer allerdings irrigen Hypothese über den Ursprung der Sternfarben. Doppler nahm an, die Geschwindigkeit der Fixsterne bei ihrer Bewegung durch den Weltraum sei keineswegs verschwindend klein im Vergleich zur Geschwindigkeit des Lichtes. Daher müsse bei Annäherung eines Sterns an uns die Zahl der Ätherschwingungen seines Lichtes, welche in einer Sekunde unser Auge treffen, merkbar grösser und bei der Entfernung merklich kleiner sein, als wenn der Stern in der Richtung gegen die Erde hin still stehe. Mit Zunnahme der Anzahl der Ätherschwingungen nähert sich die Farbe der betreffenden Lichtquelle mehr dem violetten Ende des Spektrums, bei Abnahme dieser Anzahl dagegen mehr dem roten Ende. Dieser Schluss, aus einer an sich richtigen Voraussetzung, ist freilich völlig hinfällig, einesteils weil das sichtbare Spektrum eines Sterns nur einen Teil des ganzen Sternspektrums bildet, also durch die angenommene Bewegung gar keine dem Auge merkliche Veränderung in der Farbenmischung stattfinden kann, weil nämlich stets nur die Strahlen zwischen ganz bestimmten Wellenlängen sichtbar werden, dann aber auch weil die Eigenbewegungen der Sterne viel langsamer sind, als Doppler annahm. Erst nach Erfindung der Spektralanalyse machte 1860 Professor Mach darauf aufmerksam, dass die Bewegung einer Lichtquelle eine Verschiebung der Spektrallinien zur Folge haben müsse. Der erste, welcher diese Folgerung am Fixsternhimmel prüfte, war Pater Secchi in Rom, doch erwiesen sich seine Apparate nicht fein genug für diese Untersuchungen. Erfolg hatte erst Huggins. Nachdem er zuerst festgestellt, dass eine starke dunkle Linie im Spektrum des Sirius übereinstimme mit der Wasserstofflinie Hβ, verglich er diese Siriuslinie direkt mit der Linie Hβ des in einer Geissler'schen Röhre glühenden Wasserstoffs und fand in der That eine sehr geringe Verschiebung der Siriuslinie, und zwar gegen Rot hin. Hiernach würde sich also Sirius von uns entfernen, und zwar, wie die Rechnung lehrte,

um etwa 29.4 engl. Meilen in der Sekunde. Genauere Resultate erhielten Vogel und Lohse in Bothkamp. Sie brachten eine Geissler'sche, mit Wasserstoff gefüllte Röhre im Innern des Fernrohres an, so dass dieselbe den vom Objektivglase kommenden Strahlenkegel berührt. Ferner wurde ihre Längsrichtung senkrecht auf den Spalt des Spektralapparates gestellt Der Apparat war mit einer konkav geschliffenen Cylinderlinse versehen, durch deren Verschiebung gegen den Spalt die Breite des Spektrums beliebig verändert werden konnte, doch bildet diese Breite des Spektrums immer nur einen kleinen Teil des Sehfeldes des Beobachtungsfernrohres am Spektroskop. Sobald nun durch den elektrischen Funken das Gas in der Röhre zum Glühen gebracht wird, verbreitet sich das erzeugte Licht, nachdem es die Cylinderlinse passiert hat, über den ganzen Spalt, und die hellen Linien desselben durchziehen das ganze Sehfeld des Fernrohres. In demselben zeigt sich aber auch als Band das Sternspektrum, und die dunklen Linien des letzteren können unmittelbar mit den hellen darüber und darunter stehenden Gaslinien verglichen werden. Nach dieser Methode haben damals Vogel und Lohse interessante Resultate erhalten.

Zahlreiche Beobachtungen gleicher Art sind in Greenwich angestellt worden, doch lieferten dieselben anfangs sehr abweichende Resultate, und erst nach und nach kam grössere Übereinstimmung zu Tage. Nichtsdestoweniger ist die Genauigkeit aller nach der bis dahin benutzten Methode erhaltenen Werte eine sehr geringe. Prof. Vogel in Potsdam versuchte deshalb, auf spektrophotographischem Wege bessere Ergebnisse zu erhalten, und der Erfolg hat gezeigt, dass diese Methode in der That die vorzüglichsten Resultate zu liefern vermag. Vor allem ist die photographische Beobachtung frei von Prädisposition, und dann hat die Unruhe der Luft nicht im entferntesten den Einfluss auf die Photographie, den sie auf Okularbeobachtungen ausübt. Aber die ersten Arbeiten von Prof. Vogel liegen weit vor dem Zeitpunkte, auf den unser gegenwärtiger Bericht zurück greifen kann. Neuerdings hat derselbe Astronom jedoch weitere Mitteilungen über seine bezüglichen Untersuchungen gemacht [1]), und diese sind es, über welche hier kurz berichtet werden soll.

Zunächst wurde ein neuer verbesserter photographischer Apparat angewandt, der sich besonders durch grössere Lichtstärke auszeichnet. „Dies gab Veranlassung, die Spektra nicht linear, wie bei den ersten Aufnahmen, sondern etwas breiter herzustellen, was sehr zum Vorteil der Bilder ausfiel. und zwar liess sich dies ohne Anwendung einer Cylinderlinse dadurch erreichen, dass der Gang des Uhrwerks am Refraktor etwas geändert wurde, so dass der Stern nicht auf einem Punkte des in der Rektaszensions-

[1]) Astr. Nachrichten No. 2896—97.

richtung gelegenen Spaltes stehen blieb, sondern eine ganz langsame Bewegung auf letzterem machte. Bei einigen hellen Sternen sind auf diese Weise Spektra bis zu 1.5 *mm* Breite erhalten worden, die häufig ganz gleichmässig ohne jede Längslinie waren. Weitere Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Breite der Spektra von 0.2—0.3 *mm* die günstigste für die späteren Ausmessungen ist. Zunächst wurde mit dem Apparate eine grössere Anzahl Aufnahmen des Sonnenspektrums bei verschiedener Stellung des Kameraobjektivs angefertigt, um die richtige Einstellung für die Linie $H\gamma$ zu ermitteln Sodann musste die Einstellung des Spaltes in den Vereinigungspunkt der blauen Strahlen ($H\gamma$) des grossen Fernrohres ermittelt werden. Es geschah dies durch photographische Aufnahmen, und zwar ähnlich wie nach der früher von Prof. Vogel angegebenen Methode, die relative Lage der Vereinigungspunkte für verschiedene Strahlen bei einem Objektiv zu finden, durch Aufsuchung der schmalsten Stelle in dem Spektrum eines hellen Sternes, der während der Exposition möglichst genau auf einer Stelle des Spaltes gehalten wurde. Eine derartige Aufnahme giebt sofort den Sinn der Verschiebung des Spaltes in der Richtung der optischen Axe des Fernrohres, eine zweite die Grösse. Zu dem Zwecke ist das Kollimatorrohr verschiebbar eingerichtet und mit Teilung versehen worden. Die so ermittelte Stellung gilt nur für eine bestimmte Temperatur, und aus vielen Versuchen ist eine Tabelle abgeleitet worden, nach welcher für jeden Temperaturgrad die Einstellung zu erfolgen hat. Die Einstellung des Kameraobjektivs ist gleichfalls mit der Temperatur zu verändern; auch hierfür wurde eine Tabelle aufgestellt. Eine Veränderung beider Einstellungen hat bei starken Temperaturschwankungen häufig an einem Abend vor jeder Sternaufnahme stattfinden müssen. Während die Einstellung des Objektivs der Kamera auf die Schärfe der Bilder von Einfluss ist, bedingt eine unrichtige Einstellung des Spaltes eine Verschiebung zwischen Sternspektrum und künstlicher Linie, die jedoch nur äusserst gering ist und bei gänzlicher Vernachlässigung der Fokaländerung durch Temperatur bei dem Refraktor nur einige Zehntel geogr. Meilen der Bewegung im Visionsradius ausmachen würde, die aber unter Berücksichtigung der Temperatur bei der verbleibenden Unsicherheit in der Ermittelung des genauen Schnittpunktes der Strahlen $H\gamma$ 0.05 Meilen keinesfalls überschreitet. Der erwähnte Einfluss einer unrichtigen Spaltstellung ist durch kurz aufeinanderfolgende Aufnahmen ein und desselben Objektes bei der richtigen und bei der um + 5 *mm* veränderten Stellung des Kollimatorrohres ermittelt worden. Es ist zur Herstellung brauchbarer Spektra unbedingt notwendig, den Spalt sehr eng zu nehmen; die Weite schwankt bei den Beobachtungen zwischen 0.02 und 0.03 *mm*, entsprechend einem Bogenwerte von 10—15 Sekunden. Die Spektra sind dann auf

60 *mm* Ausdehnung so scharf, dass eine Messung der Linien mit grosser Sicherheit ausgeführt werden kann". Prof. Vogel bemerkt übrigens, dass die direkte Beobachtung des Sonnenspektrums durch ein an Stelle der Kassette angebrachtes Okular stets mehr Detail erkennen lässt, als selbst die beste Photographie. Liniensysteme, die auf der Photographie in einen Streifen zusammenfliessen, erscheinen bei derselben Spaltstellung deutlich getrennt. Besonders auffällig ist dies bei einer Liniengruppe, an deren Ende die Hγ-Linie steht. Die Sternspektra sind zu schwach, um bei der starken Dispersion eine direkte Beobachtung zuzulassen.

Der Einfluss der Temperaturänderung während der Exposition ist ganz unwesentlich. „Bekanntlich," bemerkt Prof. Vogel, „wird der Ablenkungswinkel sowie die Dispersion der Prismen sehr stark von der Temperatur affiziert, und die Folge dieser Änderung ist eine Wanderung des Spektrums auf der Platte und eine gleichzeitige Ausdehnung oder Zusammenziehung desselben. Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass selbst in Fällen, wo sich die äussere Temperatur während der Exposition um 2 Grad änderte, kein merkbarer Einfluss zu beobachten war. Bei stärkerer Temperaturänderung während längerer Exposition macht sich jedoch der Einfluss durch Unschärfe der Bilder kenntlich. Einige Versuche mit direkter Erwärmung des Apparates haben in sehr starkem Masse die Erscheinung gezeigt, gleichzeitig aber dargethan, dass die wohleingeschlossenen Prismen ganz ausserordentlich langsam den Änderungen der äusseren Temperatur folgen. Auf die Verschiebung der Linien eines Vergleichungsspektrums kann die Temperaturänderung keine Einwirkung ausüben, wenn die künstliche Lichtquelle während der ganzen Expositionszeit oder in Zeitabschnitten, die symmetrisch zur Mitte der Expositionszeit gelegen sind, zur Wirkung kommt". Über den Einfluss der Luftbeschaffenheit auf die Güte der Spektralphotographien sagt er ferner: „Während bei direkten astronomischen Beobachtungen hauptsächlich die Schwankungen des Sternbildes senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs die Beobachtungen erschweren, sind es bei Beobachtungen mit einem Spektralapparat mit Spalt wesentlich die Schwankungen des Vereinigungspunktes der vom Objektiv kommenden Strahlen in der Axe des Fernrohrs, welche Störungen und Unschärfe bedingen. Wenn auch der Spalt sehr eng ist, so wird doch bei starken Luftwallungen ein Teil des vom Objektiv kommenden Strahlenkegels durch den Spalt wieder eintreten können, und der Vereinigungspunkt der Strahlen wird demnach nicht mehr im Brennpunkt des Kollimatorobjektivs sich befinden. Die aus dem Kollimatorobjektiv austretenden Strahlen werden anstatt parallel divergent auf die Prismen fallen, und dies wird die Ursache von Unschärfe sein. Die senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs gelegenen Schwankungen dagegen können nur eine Bewegung des Vereinigungspunktes innerhalb

des Spaltes verursachen, und die dadurch entstehende Unschärfe wird lediglich von der Weite des Spaltes abhängen. Von sehr merkbarem Einfluss auf die Brauchbarkeit der Photographien ist jedoch die Durchsichtigkeit der Luft. Infolge eines leichten Dunstschleiers kann, besonders bei Sternen, deren Spektrum der II. Klasse angehört. die Gegend bei Hγ so stark absorbiert werden, dass wegen Schwäche des Spektrums die Photographie zur Messung untauglich wird".

Die Ausmessung der Spektralphotographien geschieht mit Hülfe eines Mikroskops unter Anwendung einer 7—35fachen Vergrösserung. Der Tisch des Mikroskops bildet einen Schlittenapparat, auf welchem die photographischen Platten mit Klemmen festgehalten werden. Mit Hülfe einer Mikrometerschraube kann dieser Schlitten über eine Strecke von 40 *mm* fortbewegt werden. Prof. Vogel bemerkt nun über die Messungen folgendes:

„Auf den photographischen Platten bildet sich, wie ich schon früher angegeben habe, gleichzeitig mit dem Spektrum auch die Wasserstofflinie Hγ als scharfe, schwarze Linie, welche das Sternspektrum senkrecht durchsetzt. In meinem ersten Berichte hatte ich bereits hervorgehoben, dass zur Ermittelung der Differenz zwischen der künstlichen Wasserstofflinie und der Hγ-Linie im Stern die Hinzuziehung anderer Linien im Sternspektrum zur Erreichung grösserer Genauigkeit von Wert werden könnte. Diese Vermutungen haben sich nun im Laufe der Untersuchungen bestätigt, und es ist, wie ich weiter unten nachweisen werde, möglich geworden, bei einer grossen Anzahl von Sternen eine Genauigkeit in den Bewegungsbestimmungen zu erreichen, die selbst sehr hohen Anforderungen genügen muss. Es sind dies ganz besonders alle Sterne mit linienreichen Spektren Klasse II und III. Bei einigen Sternen der ersten Klasse — Sirius, Wega — sind neben den breiten Wasserstofflinien noch äusserst zarte Linien zu erkennen; auch bei solchen ist infolgedessen eine genauere Ermittelung der Bewegung im Visionsradius zu erreichen. Bei vielen Sternen der ersten Ksasse, bei denen die Wasserstofflinien sehr breit sind, und keine anderen Linien in der Nähe von Hγ sich befinden, ist jedoch auch mittels der spektrographischen Methode die Bestimmung der Bewegung von geringerer Sicherheit, wenngleich auch hier schon mit Bestimmtheit ausgesprochen werden kann, dass diese Methode grosse Vorteile gegenüber den direkten Beobachtungen bietet. Bei der Untersuchung von Sternen der II. und III. Spektralklasse auf Bewegung hat es sich nun als am vorteilhaftesten herausgestellt, gleichzeitig mit dem Sternspektrum ein mit dem Spektrographen aufgenommenes Sonnenspektrum im Mikroskop zu betrachten Die Photographien werden so auf dem Tisch des Mikroskops aufeinander gelegt, dass beide Spektra, Sonne und Stern, übereinander erscheinen und nur durch einen kleinen Zwischenraum

getrennt sind. Mit Leichtigkeit kann man gleichzeitig erreichen, dass die Linien des einen Spektrums sehr genau die Verlängerung derjenigen des anderen Spektrums bilden. Die Einstellung auf einen Faden des im Okular des Mikroskops befindlichen Fadensystems geschieht nun durch gleichzeitige Bewegung beider Platten durch den früher erwähnten Schlittenapparat Es werden erst gewöhnlich 4 Einstellungen auf eine Linie des Sonnenspektrums, dann ebensoviele auf die entsprechende Linie des Sternspektrums gemacht, wobei die Linien möglichst in der Nähe der Hγ-Linie zu beiden Seiten derselben ausgewählt werden. Im Stern wird die Hγ-Linie nur dann mit gemessen, wenn sie völlig getrennt von der künstlichen Linie erscheint; statt ihrer wird gewöhnlich nur die Hγ-Linie in dem Sonnenspektrum eingestellt (6—8 mal). Durch diese Art der Messung werden unausbleibliche Verzerrungen in der empfindlichen Schicht, die bei der ausserordentlichen Kleinheit der zu messenden Grössen schon in Betracht kommen, möglichst eliminiert, und besonders ist jede Voreingenommenheit ausgeschlossen, da die Grösse der Distanz zwischen Hγ im Stern und der künstlichen Linie sich nicht unmittelbar, sondern erst durch Rechnung ergiebt".

Prof. Vogel giebt eine detaillierte Zusammenstellung einiger von ihm und Dr Scheiner ausgeführten Messungen, um die Übereinstimmung beider zu zeigen. Hier mögen die aus allen Messungen abgeleiteten mittleren Resultate folgen. Es bedeutet in der Tabelle +, dass der Stern sich von der Sonne entfernt, —, dass er sich nähert. Die Angaben sind in geographischen Meilen.

Datum	Beobachtete Bewegung des Sterns relativ gegen die Erde	Bewegung der Erde zur Zeit der Beobachtung	Bewegung des Sterns relativ zur Sonne
	α Aurigae.		
22. Oktober 1888	+ 0.6	— 2.9	+ 3.5
24. „	+ 0.8	— 2.8	+ 3.6
25. „	+ 0.7	— 2 7	+ 3.4
28. „	+ 0.6	— 2.6	+ 3.2
9. November „	+ 1.7	— 2.0	+ 3.7
1. Dezember „	+ 2.5	— 0.6	+ 3.1
13. „ „	+ 3.4	+ 0.2	+ 3.2
2. Januar 1889	+ 4.7	+ 1.4	+ 3.3
5. Februar „	+ 7.1	+ 3.1	+ 4.0
6. März „	+ 7.5	+ 3.7	+ 3.8
	α Tauri.		
28. Oktober 1888	+ 4.3	— 2.1	+ 6.4
10. November „	+ 5.4	— 1.3	+ 6.7
4. Dezember „	+ 6.7	+ 0.4	+ 6.3
	α Ursae minoris.		
14. November 1888 . .	— 4.1	— 0.9	— 3 2
6. Dezember „ . .	— 4.1	— 0.3	— 3.8

Datum	Beobachtete Bewegung des Sterns relativ gegen die Erde	Bewegung der Erde zur Zeit der Beobachtung	Bewegung des Sterns relativ zur Sonne
α Persei.			
5. Dezember 1888 . . .	— 0.5	+ 1.0	— 1.5
10. „ . . .	— 0.3	+ 1.3	— 1.6
α Canis minoris			
8. Dezember 1888 . . .	— 3.8	— 2.3	— 1.5
29. „ . . .	— 3.6	— 1.0	— 1.6

„Die Vergleichung," sagt Vogel, „der hier mitgeteilten Beobachtungen mit den bisher durch direkte Messungen an Spektralapparaten erhaltenen Werten von Huggins, Seabroke, Christie, Maunder und von mir zeigen, dass die mit dem Spektrographen erhaltenen Geschwindigkeiten beträchtlich kleiner sind. Diese Wahrnehmung bezieht sich nicht nur zufällig auf die für diese Mitteilung ausgewählten Sterne, sondern wird auch durch die noch nicht zum definitiven Abschluss gebrachten Beobachtungen an etwa 20 anderen Sternen bestätigt". Schliesslich bemerkt Prof. Vogel noch, dass die Zahl der Sterne, deren Bewegung in der Gesichtslinie mit dem Refraktor des Potsdamer Observatoriums beobachtet werden kann, etwa 55 sein wird, da die Aufnahme von Spektren der Sterne 2.5 Grösse schon grosse Schwierigkeiten macht. Zur Zeit sind bereits über 100 photographische Aufnahmen von Sternspektren angefertigt worden, die sich auf etwa 30 verschiedene Sterne beziehen.

Endlich bemerkt Prof. Vogel noch folgendes: „Über die Genauigkeit, mit welcher sich die Bewegungen der 55 in die Beobachtungsliste aufgenommenen Sterne bestimmen lassen werden, kann ich vorläufig folgendes angeben. Etwa 15 Sterne werden sich mit der Genauigkeit bestimmen lassen, die bei den oben mitgeteilten Beobachtungen an Capella erreicht wurde. Bei 20 bis 25 Sternen wird sich die Geschwindigkeit bis auf etwa 1 Meile genau, bei den übrigen mit noch etwas geringerer Genauigkeit ermitteln lassen".

Fixsternparallaxen. Beobachtungen behufs Bestimmung von Fixsternparallaxen sind auf der Sternwarte zu Leiden von J. C. Kapteyn angestellt worden[1]) in den Jahren 1885—1887. Diese Untersuchungen beziehen sich auf 15 Sterne, hauptsächlich aus dem Argelanderschen Katalog von Fixsternen mit rascher Eigenbewegung. Vier derselben wurden bereits früher auf ihre Parallaxe untersucht. Das nachstehende Verzeichnis enthält die in Leiden gewonnenen Ergebnisse. Die früher erhaltenen Parallaxen sind in Klammern beigefügt.

---

[1]) Astr Nachr. No. 2935.

Stern	Eigenbewegung	Parallaxe	
B. B. VII. 81	1.69″	+ 0.087″	
ϑ Urs Maj.	1.11	+ 0.046	
B. B VII. 85	0.79	+ 0.072	
20 Leon. Min.	0.69	+ 0.071	
B. B. VII. 89	1.43	+ 0.177	(+ 0.33″)
„ „ 94	0.89	+ 0.109	
„ „ 95	0.27	+ 0.025	
Lal 20670	0.30	— 0.006	
B B. VII 104	4.75	+ 0.434	(+ 0.50″)
„ „ 105	4.40	+ 0.167	(+ 0 26″)
„ „ 110	0.64	+ 0.047	
„ „ 111	0.67	+ 0.018	
„ „ 112	7.05	+ 0.161	(+ 0.11″)
„ „ 114	0.69	— 0.039	
„ „ 119	0.33	+ 0.067	

Im allgemeinen ist es um die Parallaxenbestimmung der Fixsterne gegenwärtig noch nicht gut bestellt. Die Kleinheit der zu messenden Grössen gestattet den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern einen überwiegenden Einfluss, und infolge dessen sind die Ergebnisse, welche von verschiedenen Seiten bezüglich identischer Sterne erhalten wurden, meist sehr von einander abweichend. Überhaupt ist das Kapitel der Fixsternparallaxe in den astronomischen Handbüchern kein kurzes. Die Aufgabe, das ganze zur Zeit vorliegende Material unter Zurückgreifen auf die Quellen zu sichten und systematisch zusammenzustellen, ist deshalb eine sehr dankenswerte, aber freilich auch recht mühevolle.

Dieser Arbeit hat sich Prof. Oudemans unterzogen [1]. Er giebt alles erforderliche Detail gleichzeitig mit den Quellen und führt die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Parallaxen sämtlich einzeln auf. Dadurch wird offenbar ein viel begründeteres Urteil über den Grad des Vertrauens gewonnen als durch die Angabe der sogenannten wahrscheinlichen Fehler.

Sieht man diese langen Tabellen an, so kann man sich nicht verhehlen, dass unser Wissen von den Fixsternparallaxen noch äusserst beschränkt, ja weit geringer ist, als man gewöhnlich glaubt. Das Sicherste scheint noch zu sein, dass es keine Fixsternparallaxe unter den bisher untersuchten Sternen giebt, welche die Grösse von 1 Bogensekunde erreicht. Um den Grad der Unsicherheit oder vielmehr Ungewissheit zu charakterisieren, welcher die bisherigen Bestimmungen von Fixsternparallaxen beherrscht, mögen einige der von Oudemans zusammengestellten Resultate hier Platz finden:

μ Cassiopejae, 5. Gr. Struve findet die jährliche Parallaxe aus den Distanzen = 0.251″, aus den Positionswinkeln = 0.425″, im Mittel = 0.342″, mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 0.052″. Schweizer dagegen findet π = 0.082″, Pritchard aus Distanzmessungen an photographischen Aufnahmen: π = 0.021″

[1]) Astr. Nachr., Nr. 2915—16

und $\pi = 0.050$. Nach diesen letzteren Bestimmungen würde der Stern fast zehnmal weiter von uns entfernt sein als nach Otto Struve's Messungen. Kann hiernach jemand behaupten, dass wir über die wahre Entfernung von μ Cassiopejae heute etwas ziffermässiges wissen? Diese Frage wird man wohl schwerlich mit Ja beantworten wollen.

Polarstern. Für diesen liegen 10 Bestimmungen der jährlichen Parallaxe vor. Die sichersten derselben schwanken zwischen 0.025″ und 0.099″.

Sirius. Henderson fand aus Kulminationshöhen eine absolute Parallaxe $\pi = 0.34''$, Maclear 4 Jahre später auf demselben Wege $\pi = 0.193''$; Gill und Elkin erhielten dagegen relative Parallaxen von 0.37″ und 0.407″, während man hätte erwarten sollen, dass die relativen Parallaxen kleiner ausfallen würden als die absolute Immerhin ist jedoch in diesem Falle wenigstens so viel sicher, dass die Parallaxe des Sirius $^1/_2''$ nicht erreicht.

Procyon. Für diesen Stern liegen sieben verschiedene Bestimmungen vor, die ziemlich gut miteinander übereinstimmen und im Mittel etwa $\pi = 0.27''$ ergeben.

α im Centauren. Dieser Stern ist wohl der unserer Sonne am nächsten befindliche Fixstern, und Oudemans führt 39 Bestimmungen seiner Parallaxe auf. Unter diesen schwanken die zuverlässigsten Mittelwerte für die absolute Parallaxe zwischen $\pi = 1.13''$ und $\pi = 0.501''$.

Schliesslich giebt Oudemans eine tabellarische Zusammenstellung der jährlichen Parallaxen nach ihren wahrscheinlichsten Werten und geordnet nach den Eigenbewegungen der betreffenden Sterne. Folgendes ist die Tabelle:

Jährliche Parallaxe, nach den eigenen Bewegungen geordnet.

Stern	Grösse	Eigene Bewegung	Jährliche Parallaxe	Distanz in Lichtjahren
		″	″	
Groombr. 1830	6.5	7.05	0.07[1])	47[1])
Lal. 9352	7.5	6.96	0.28	12
61 Cygni	5.1	5.16	0.40	8
Lal. 21185	6.9	4.75	0.50	6.5
ε Indi	5.2	4.60	0.20	16
Lal. 21258	8.5	4.40	0.26	12.5
o^2 Eridani	4.5	4.05	0.19	17
μ Cassiop. ($O\Sigma$)	5.2	3.75	0.34	10
„ (Pritch.)	5.2	3.75	0.04	82
α Centauri	0.7	3.67	0.75	4
Mittel der Gruppe		4.93	0.32	10

[1]) Das Produkt der beiden in diesen Kolumnen nebeneinander stehenden Zahlen ist konstant und = der Aberr.-Konst.: $2\pi = 3.261$.

Stern	Grösse	Eigene Bewegung	Jährliche Parallaxe	Distanz in Lichtjahren
		"	"	
AOe 11677	9.0	3.04	0.26	12.5
e Eridani	4.4	3.03	0.14	24
Groombr. 34	7.9	2.80	0.29	11
Σ 2398	8.2	2.40	0.35	9
Arcturus	0.0	2.28	0.02	163
B. A. C. 8083	5.5	2.09	0.07	47
ζ Tucani	4.1	2.05	0.06	54
σ Draconis	4.7	1.84	0.25	13
Groombr. 1618	6.5	1.43	0.32	10
Mittel der Gruppe		2.33	0.20	16
Sirius	—1.4	1.31	0.39	8
85 Pegasi	5.8	1.29	0.05	65
AOe. 17415—6	9	1.27	0.25	13
Procyon	0.5	1.25	0.27	12
η Cassiopejae	3.6	1.20	0.15	22
70 (p) Ophiuchi	4.1	1.13	0.15	22
α Aquilae	1.0	0.65	0.20	16
6 (Bode) Cygni (Ball)	6.6	0.64	0.48	7
" " (A. Hall)	6.6	6.64	—0.02	—
β Geminorum	1.1	0.65	0.07	47
Mittel der Gruppe		1.00	0.20	16
β Cassiopejae	2.4	0.55	0.16	20
10 Ursae Majoris	4.2	0.51	0.20	16
ι Ursae Majoris	3.2	0.50	0.13	25
α Aurigae	0.2	0.43	0.11	30
Σ 1516	7	0.42	0.28	11
α Lyrae	0.1	0.36	0.16	20
α Leonis	1.4	0.27	0.09	36
α Geminorum	1.6	0.21	0.20	16
α Tauri (*OΣ*)	1.0	0.19	0.52	6
" (Elkin)	1.0	0.19	0.12	27
Mittel der Gruppe		0.38	0.18	18
ν^1 Draconis	4.9	0.16	0.32	10
ν^2 "	4.8	0.16	0.28	11
η Herculis	3.7	0.08	0.40	8
α Cassiopejae	2.25	0.05	0.07	47
α Ursae minoris	1.15	0.045	0.07	47
π Herculis	3.4	0.04	0.00	—
α Herculis	3.2	0.04	0.06	54
γ Draconis	2.35	0.03	0.09	36
γ Cassiopejae	2.3	0.02	0.01	326
α Argûs	0.4	0.00	0.03	109
Mittel der Gruppe		0.05	0.16	20

Doppelsterne. Die Beobachtnng der Doppelsterne erfreut sich, nachdem Burnham durch seine Schlag auf Schlag erfolgenden Entdeckungen sehr enger Doppelsterne diesem Teil der beobachtenden Astronomie wieder neues Leben eingeflösst hat, grosser Beliebtheit bei den mit mächtigen Refraktoren ausgestatteten Sternwarten. Besonders ist auch die neue Lick Sternwarte mit

ihrem Riesenrefraktor auf diesem Gebiete thätig, was nicht wunder nehmen kann, da das grosse Instrument für Doppelsternbeobachtungen zur Verfügung von Burnham steht. Bereits hat letzterer abermals Verzeichnisse der von ihm neu entdeckten Doppelsterne veröffentlicht [1]), womit die Zahl aller von ihm aufgefundenen Doppelsterne auf 1154 gestiegen ist.

Doppelsterne, auf spektroskopischem Wege entdeckt. Mit Hülfe der spektroskopischen Methode ist auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam der Veränderliche Algol als sehr enger Doppelstern erkannt worden. Prof. Vogel berichtet darüber folgendes [2]):

„Die im Jahre 1873 von mir angestellten Versuche, durch direkte spektroskopische Beobachtungen Bewegung am Algol wahrzunehmen [3]), hatten nur zu dem Resultate geführt, dass Algol keine auffallend grosse Bewegung haben könne. Auch die später in Greenwich gemachten Beobachtungen haben bisher kein Ergebnis geliefert, aus welchem eine Bewegung des Algol abgeleitet werden könnte.

Im Winter 1889—90 sind hier drei Aufnahmen des Spektrums von Algol gelungen, aus denen schon unzweifelhaft so viel hervoging, dass Algol vor einem Minimum sich von der Sonne entfernt, nach dem Minimum derselben sich nähert, wie das der Fall sein muss, wenn ein dunkler Körper sich vor Algol schiebt oder vielmehr letzterer hinter jenen. Drei neue Aufnahmen im November 1889 von Dr. Scheiner und mir, die ganz besonders gut gelungen sind, lieferten ein vollkommen übereinstimmendes Resultat. Die bis jetzt an den Platten von uns ausgeführten Messungen über die Lage der künstlichen Linie und der $H\gamma$-Linie im Stern ergaben als Mittel der auf die Quadratur reduzierten Bewegungen:

vor dem Minimum + 5.3 geogr. Meilen
nach dem Minimum — 6.2 „ „

wonach einstweilen die Translationbewegung des Systems in der Gesichtslinie zu — 0.5 Meilen und die Bahnbewegung des sichtbaren Sterns zu 5.7 Meilen anzunehmen ist.

Ich bemerke, dass die Resultate als vorläufige zu betrachten sind und dass dieselben bei Wiederholung der Messungen voraussichtlich einige Abänderungen erfahren werden. Die spektrographischen Beobachtungen am Algol sollen hiermit durchaus nicht abgeschlossen sein; im Gegenteil hoffe ich, im Laufe der Zeit durch Fortsetzung derselben dem Resultate einen grössern Grad von Sicherheit geben zu können.

Darüber, dass sich aus der Verschiebung von Linien in einem Sternspektrum gegen die künstliche Wasserstofflinie eine Bewegung des Sterns in der Gesichtslinie ableiten lässt, kann nach unseren

[1]) Astr. Nachr. No. 2875 und 2929—30.
[2]) Astr. Nachr. No. 2947. [3]) Berichte der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vom 12. Dezember 1873.

früheren Beobachtungen an Capella[1]), bei welchen die Erdbewegung sich so deutlich dokumentiert hat, wohl kein Zweifel mehr erhoben werden; aber auch hier, wo es sich lediglich um den Nachweis einer Nichtkoinzidenz der künstlichen Linie und der im Stern stark verbreiterten Wasserstofflinie handelt — denn in dem verhältnismässig sehr schwachen Sternspektrum sind in der Nähe der $H\gamma$-Linie keine anderen Linien wahrzunehmen —, bleibt kein Zweifel mehr übrig, da in der verbreiterten Linie des Sterns ein Intensitätsmaximum deutlich ausgesprochen ist, und dasselbe infolge der starken Verschiebung bei den einen Beobachtungen auf einer, bei den anderen auf der anderen Seite der künstlichen Linie liegt. Eine überhaupt bisher noch nicht beobachtete Asymmetrie bei den verbreiterten Linien ist auch in diesem Falle ausgeschlossen Hiermit ist also der Nachweis geliefert, dass Algol sich in einer mit der Periode in einfachem Zusammenhange stehenden Bewegung befindet, und dies führt notwendig zur Annahme eines binären Systems, in welchem dem zweiten Körper eine Masse von derselben Ordnung beizulegen ist.

Die so lange als wahrscheinlich hingestellte Hypothese, dass der Lichtwechsel des Algol zu erklären sei aus starken, sonnenfleckenartigen Ablagerungen vorzugsweise auf der einen Seite des Körpers, die eigentlich schon nach Feststellung der Natur des Spektrums (Klasse Ia) und nach den Untersuchungen in dem letzten Jahrzehnt, die dargethan haben, dass die Sterne vom ersten Typus als im höchsten Glühzustande befindlich betrachtet werden müssen, bei welchen an ein Abkühlungsprodukt an der Oberfläche gar nicht zu denken ist, hinfällig geworden war, ist nun in keiner Weise mehr haltbar, da die durch Rotation eines derartigen Körpers entstehende Verschiebung der Spektrallinien sich nicht in solchem Zusammenhange mit der Periode zeigen kann, wie dies die Beobachtungen ergeben haben. Auch die Annahme einer wesentlichen Abweichung eines Körpers von der Kugelform vermag die gemachten Beobachtungen nicht zu erklären.

Mit der Bewegung von 5.7 Meilen, der aus dem Lichtwechsel sich ergebenden Umlaufszeit und der Helligkeit zur Zeit des Maximums und Minimums erhält man als erste Annäherung unter Annahme einer Kreisbahn etwa folgende Anordnung des Systems:

Durchmesser des Hauptsterns . .	=	230000 Meilen
Durchmesser des Begleiters . . .	=	180000 Meilen
Entfernung der Mittelpunkte . .	=	700000 Meilen
Bahngeschwindigkeit des Begleiters	=	12.0 Meilen

Massen der beiden Körper = $^4/_9$ und $^2/_9$ der Sonnenmasse

Hierbei ist noch vorausgesetzt, dass die Körper gleiche Dichtigkeit haben, sich ihre Massen also direkt wie die Volume verhalten Zur Berechnung der Durchmesser ist nicht die aus der

[1]) Astr. Nachr. No. 2869.

Lichtkurve unsicher zu bestimmende äusserste Grenze der Dauer der Verfinsterung zu Grunde gelegt, sondern es sind die Punkte der Kurve genommen worden, an welchen die Krümmung eine merklichere zu werden beginnt. Die Zwischenzeit für diese Punkte ist 6^h 30^m. Jedenfalls hat man sich die Körper mit mächtigen Atmosphären umgeben zu denken, von denen diejenige des Hauptsterns eine grosse Leuchtkraft besitzt, die des mehr abgekühlten Begleiters eine starke Absorptionsfähigkeit Die kaum merkliche Biegung der Lichtkurve zu Anfang und zu Ende lässt sich recht wohl durch die Überdeckung der Atmosphären erklären, und mit der äussersten bisher aus der Lichtkurve abgeleiteten Dauer der Verfinsterung von 9^h 45^m — die Scheinerschen Untersuchungen über den Lichtwechsel des Algol nach den Beobachtungen Schönfelds sind zu Grunde gelegt — ergeben sich für die Atmosphären Höhen von 54 000, bezw. 42 000 Meilen Der geringste Abstand der Atmosphären beider Körper würde demnach 400 000 Meilen sein. Ich bemerke noch, dass der Betrag der Lichtabnahme, der nach obiger Annahme auf die Atmosphären gerechnet ist, nur 0.1 Grössenklasse erreicht."

„Wenngleich alle diese Betrachtungen auf den ersten Blick zu durchaus plausiblen Werten führen, so trifft man bei weiterer Überlegung doch auf grosse Bedenken, da auch nur angenähert analoge Verhältnisse bisher nicht bekannt sind. Indessen haben vorläufige, von anderer Seite und hier ausgeführte Rechnungen dargethan, dass die bei der grossen Nähe der Körper auftretenden Abweichungen von der Kugelgestalt zu gering sind, um einen Einfluss auf die Lichtkurve auszuüben, und dass aus demselben Grunde ein solches System als stabil zu betrachten ist

Auch vom Standpunkte des Astrophysikers aus stellen sich Schwierigkeiten in den Weg. Es ist nicht leicht, sich zwei in so grosser Nähe befindliche Körper von nahezu derselben Grösse zu denken, von denen sich der eine in höchster Glühhitze, der andere im Stadium starker Abkühlung befindet Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die Annahme, der Begleiter sei dunkel, durchaus nicht erforderlich ist; er kann im Gegenteil sich noch im Glühzustande befinden und selbst leuchtend sein, wenn nur sein Glanz relativ zu dem des Hauptsterns gering und etwa unter $^1/_{80}$ gelegen ist. Im anderen Falle müsste sich der Umlauf um den Hauptstern in der Lichtkurve, die infolge der sehr zahlreichen photometrischen Beobachtungen über den Lichtwechsel des Algol schon grosse Genauigkeit besitzt, ergeben haben. — Vielleicht gelingt es noch, durch fortgesetzte und verfeinerte photometrische Beobachtungen eine weitere Stütze für die Annahme eines binären Systems zu gewinnen. Unter denselben Voraussetzungen ist es denn auch erklärlich, dass zur Zeit des Minimums das Spektrum des Algol unverändert bleibt. Was den Lichtwechsel zur Zeit des Minimums betrifft, so haben hier ausgeführte

Rechnungen den Beweis geliefert, dass die Kurve überraschend gut dargestellt wird durch den Vorübergang eines dunklen oder relativ wenig leuchtenden Körpers vor einem leuchtenden. Nur zu Anfang und zu Ende der Kurve sollte die Abnahme, bezw. Zunahme des Lichtes etwas schneller erfolgen, als die Beobachtungen ergeben haben; durch Annahme ausgedehnter Atmosphären um die Körper lassen sich jedoch diese Abweichungen beseitigen. Die Erklärung der geringen Asymmetrie gegen den Minimalpunkt bietet auch keine Schwierigkeiten".

Auf der Sternwarte zu Cambrige (N-A.) wurden fast gleichzeitig ähnliche photographische Aufnahmen der Sternspektra ausgeführt, und sie leiteten zu einer analogen Entdeckung, wonach der Hauptstern von ζ im grossen Bären ebenfalls eine Umlaufszeit von nur wenigen Tagen um einen benachbarten Schwerpunkt besitzt [1]). Nach dem Berichte von Prof. Pickering erwies die Linie K im Spektrum dieses Sternes sich zeitweise als Doppellinie. Das photographierte Spektrum zeigte dies am 29. Mai 1887, am 17. Mai, 27. und 28. August 1889. Zu anderer Zeit zeigte sich die Linie verwaschen, als wenn die Komponenten eben getrennt wären, während sie wieder zu anderen Zeiten einfach und scharf begrenzt ist Eine Untersuchung ergab, dass die Linie in Zwischenze ten von etwa 52 Tagen, beginnend mit dem 27. Mai 1887, doppelt ist und mehrere Tage vor und nach diesen Epochen verwaschen erscheint. Die Verdoppelung der Linie wurde hiernach für den 18. Oktober 1889 vorausberechnet, aber nur zum Teil verifiziert, denn sie erschien bloss deutlich verwaschen auf mehreren Platten, aber nicht deutlich doppelt. Darauf wurde als Epoche einer neuen Verdoppelung der 9. Dezember 1889 und 30. Januar 1890 berechnet, und in der That erschien am 8. Dezember die Linie auf jeder von drei Photographien deutlich doppelt Die Wasserstofflinien im Spektrum desselben Sterns sind so breit, dass es schwierig bleibt, zu entscheiden, ob sie auch sich verdoppeln, es scheint indessen, dass sie zu Zeiten, wenn K doppelt ist, breiter sind als sonst Die übrigen Linien im Spektrum sind sehr schwach, sie können gut gesehen werden, wenn K scharf ist, aber nur schwierig, wenn diese letztere Linie verwaschen erscheint. Mehrere darunter sind sicherlich doppelt zur Zeit, wenn K doppelt ist. Messungen auf den Platten geben eine durchschnittliche Trennung von 0.246 Milliontel Millimetern für eine Linie. deren Wellenlänge 448.1, während die Trennung der K-Linie, deren Wellenlänge 393.7 Milliontel Millimeter beträgt, 0.199 ist. Die einzige genügende Erklärung dieser Erscheinung besteht nach Professor Pickering in der Annahme, dass der hellere Komponent des Doppelsterns ζ ursae selbst ein äusserst enger Doppelstern ist, den unsere Fernrohre nicht mehr trennen können, und dass

[1]) Americ. Journ. Sc. Januar 1890, p. 49.

die Umlaufsdauer des Fixsterns 104 Tage beträgt. Wenn einer der beiden Komponenten sich bei diesem Umlauf der Erde nähert, werden alle Linien seines Spektrums gegen das blaue Ende hin verschoben, während sie dagegen im Spektrum des zweiten Sterns eine Verschiebung gegen Rot erleiden Dadurch wird jede Linie, die sonst einfach erscheint, verdoppelt. Wenn die Bewegung der beiden Sterne senkrecht zur Gesichtslinie ist, entspricht die Lage sämtlicher Linien ihrer beiden übereinander fallenden Spektren, der wahren Wellenlänge, und sie erscheinen einfach. Die obigen Messungen gestatten sogar eine Vorstellung der wirklichen Dimensionen des Systems. Die relative Geschwindigkeit der Lichtwellen entsprechend der K-Linie ist 0.199 dividiert durch ihre Wellenlänge 393.7 und multipliziert mit der Geschwindigkeit des Lichts von 186000 engl Meilen, also gleich 94 engl Meilen in der Sekunde. Eine ähnliche Berechnung für die Linie, deren Wellenlänge 448.1 beträgt, ergiebt 102 engl. Meilen in der Sekunde. Da die Platten natürlich nicht genau im Moment der grössten Geschwindigkeit exponiert wurden, so sind die wahren Werte noch etwas grösser Man kann einstweilen die in Rede stehende Geschwindigkeit zu 100 engl Meilen in der Sekunde annehmen. Ist nun die Bahn kreisförmig, und geht ihre Ebene verlängert durch die Sonne, so wird der Weg, den der Begleiter zurücklegt, wenn man den anderen Stern als ruhend annimmt, 900 Millionen engl. Meilen betragen und die Distanz beider Sterne 143 Millionen engl Meilen, nahe so gross als die Entfernung des Mars von der Sonne Die Gesamtmasse beider Sterne muss etwa 40 mal so gross sein, als die Sonnenmasse, um der oben angegebenen Umlaufszeit zu entsprechen. Wenn die wahre Bahn gegen die Gesichtslinie zur Erde geneigt ist, so werden die angegebenen Dimensionen und Massen grösser

In einem späteren Zusatze zu seiner Abhandlung teilt Professor Pickering mit, dass noch zwei andere Sterne gefunden worden sind. welche eine ähnliche Periodizität in der Verdopplung der Spektrallinien zeigen, nämlich β Aurigae und b Ophiuchi.

Bahnelemente sehr enger Doppelsterne. Unter den Doppelsternen sind hauptsächlich diejenigen von 1″ Distanz und darunter von Interesse, weil man bei diesen am ehesten auf eine physische Verbindung der Komponenten und auf verhältnismässig rasche Positionsänderung rechnen kann. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, hat Otto Struve gleich nach Aufstellung des grossen 14 zolligen Refraktors zu Pulkowa, vor nunmehr 50 Jahren, die Beobachtung der engen Doppelsterne zum Gegenstande seiner besonderen Thätigkeit gemacht. Im ganzen sind bis zum Jahre 1888 7 Bahnen von engen Doppelsternen des Pulkowaer Katalogs bestimmt worden. Prof S. v. Glasenapp hat nunmehr auch für eine Anzahl anderer Pulkowaer Doppelsterne Bahnbestimmungen ausgeführt Hier folgt eine Zusammen-

stellung aller früheren und der neuen Bahnbestimmungen des Prof. von Glasenapp in einer Tabelle. In derselben bezeichnet U die Umlaufszeit des Begleiters in Jahren, *T* die Zeit des Perihels, Ω die Länge des Knotens, i die Neigung der Bahn, $\pi - \Omega$ Perihel vom Knoten, e die Exzentrizität, a die halbe grosse Axe der Bahn in Bogensekunden, n^0 die mittlere jährliche Winkelbewegung des Begleiters in seiner Bahn.

No.	Stern	U	T	Ω	i	$\pi-\Omega$	e	a	n	Berechner.
				°	°	°		"	°	
1	O. Σ. 535 δ Equulei	11.5	1892.0	24.1	81.8	26.6	0.201	0.41	—31.36	Wroublewski.
2	„ 234	63.5	1881.2	124.2	47.3	72.0	0.363	0.34	+ 5.67	Gore.
3	„ 298	70.3	1882.2	12.3	50.6	346.2	0.510	0.83	+ 5.12	Pr. Dolgoroukoff.
4	„ 149	85.9	1915.1	141.2	31.1	347.3	0.460	0.55	— 4.19	Glasenapp.
5	„ 413 λ Cygni .	93.4	1926.9	105.3	58.8	139.1	0.602	0.51	— 3.85	Glasenapp.
6	„ 235	94.4	1839.1	99.6	54.5	134.9	0.500	0.98	+ 3 61	Doberck.
7	„ 387	110.1	1916.5	150.9	43.9	99.1	0.139	0.54	— 3.27	Glasenapp.
8	„ 208 ψ Ursae .	115.4	1877.1	105.3	58.0	72.1	0.788	0.54	+ 3.12	Casey.
9	„ 4	135.2	1967.9	16.6	61.0	184.1	0.506	0.53	— 2.66	Glasenapp.
10	„ 20 66 Piscium	136.2	1901.7	103.7	16.1	167.8	0.416	0.48	— 2.64	Glasenapp.
11	„ 400	170.4	1882.1	146.3	37.0	43.5	0.669	0.59	— 2.11	Gore.
12	„ 98	190.5	1959.0	99.6	45.0	302.7	0.247	1.22	— 1.89	Gore.
13	„ 489 π Cephei	198.4	1746.6	46.0	45.0	117.5	0.343	1.10	+ 1.82	Glasenapp.

Die Bewegungsverhältnisse in dem dreifachen Sternsystem ξ im Skorpion Nachdem Professor Seeliger durch seine Untersuchungen über die Bewegungsverhältnisse in dem dreifachen Sternsystem ζ im Krebs zu sehr interessanten Ergebnissen gelangt war, lag es nahe, auch andere dreifache Sterne aus denselben Gesichtspunkten zu untersuchen Solcher Systeme giebt es aber zur Zeit nur noch zwei, nämlich die Sterne ξ im Skorpion und 12 im Luchs. Letzteres System ist aber nicht zur Untersuchung geeignet, weil die bisherigen Stellungsveränderungen der Begleiter viel zu gering sind Günstiger liegen die Verhältnisse bei ξ im Skorpion, und Richard Schorr hat daher dieses dreifache System zum Gegenstand einer besonderen Untersuchung gemacht, deren Hauptergebnisse hier folgen.

Das Sternsystem ξ Skorpii (Σ 1998; AR = $15^h\,56^m\,4$. D = — $10^0\,57'\,8''$, 1855 0), vielfach fälschlich ξ Librae genannt, wurde am 12 Mai 1782 von W. Herschel als dreifach erkannt, und zwar wurde an diesem Tage von demselben die gegenseitige Stellung der drei Sterne bestimmt. Die physische Zusammengehörigkeit der drei Sterne ist jedoch erst von W. Struve durch seine Beobachtung vom Jahre 1825 festgestellt worden. Derselbe bezeichnet die beiden nahe aneinander stehenden Sterne mit A und B, den entfernteren Stern mit C; die Helligkeit der drei Sterne giebt W. Struve wie folgt an:

$$A = 4^m 9;\; B = 5^m 2;\; C = 7^m 2.$$

Seit W. Struve's Beobachtung vom Jahre 1825 hat der Stern B um den Stern A bis jetzt einen Bogen von ungefähr

200° bei einer Distanz von 0.4" bis 1.4" beschrieben, während der Stern C in dieser Zeit um die Mitte von A und B nur einen Bogen von 12° bei einer Distanz von etwa 7" zurückgelegt hat Die Beobachtungen der gegenseitigen Stellungen der drei Sterne verteilen sich auf den Zeitraum von 1825 an ziemlich gleichmässig; nur in der Zeit von 1850—1860 sind wegen der kleinen Distanz der Sterne A und B und der damit verbundenen schwierigen Trennbarkeit derselben nur wenige Beobachtungen der Stellung des Sterns B gegen A vorhanden Schorr hat sich bemüht, die vorhandenen Beobachtungen ziemlich vollzählig zu erhalten, und dieselben nur aus den Originalabhandlungen entnommen. Zunächst bestimmte er nur die Bewegung des näheren Begleiters B um den Hauptstern, ohne auf die eventuelle Einwirkung des Sterns C Rücksicht zu nehmen. Die Berechnung geschah nach den von Prof Seeliger entwickelten Formeln Als wahrscheinlichste Werte der Bahnelemente fand sich:

Zeit des Periastrums 1862.324, halbe grosse Axe der Bahn: 1.3093, Knoten = 10.450°, λ = 102.628°, i = 67.644°, φ = 7.046°, mittlere jährliche Bewegung: 3.4222°, also Umlaufszeit 105.2 Jahre.

Diese Bahnelemente stellen sämtliche Beobachtungen recht gut dar, und dies lässt sofort vermuten, dass der Stern C keine bedeutende Einwirkung auf den inneren Stern B ausübt. Die genauere Untersuchung, welche Schorr in dieser Beziehung anstellt, zeigt, dass überhaupt nur ein sehr geringer Einfluss des entfernten Begleiters stattfinden kann, wenn man nicht die an und für sich nicht gerade sehr wahrscheinliche Annahme macht, jener entferntere Stern übertreffe den inneren Begleiter äusserst beträchtlich an Masse. Was die Bewegung des Sterns C anbelangt so sind für diese nur Beobachtungen vorhanden, welche sich über 60 Jahre erstrecken, während deren die Änderungen des Positionswinkels nur 12° betrugen. Es ist also nicht möglich. aus diesem kurzen Bogen eine elliptische Bahn zu berechnen, und Schorr beschränkt sich deshalb darauf, für diesen Stern Interpolationsformeln aufzustellen, welche Positionswinkel und Distanzen möglichst annähernd darstellen.

Veränderliche Sterne. Der veränderliche η Argus ist von J. M. Thome zu Cordova beobachtet worden [1]). Hiernach scheint das Minimum (7.6 Grösse) gegen Ende 1886 stattgefunden zu haben. Zur Zeit des Maximums, 1843, stand der Stern nach Maclear in seiner Helligkeit zwischen Sirius und Canopus, so dass eine Veränderung von wenigstens $8^1/_2$ Grössenklassen in 43 Jahren stattgefunden hat.

Ein neuer Veränderlicher ist nach der photographischen Aufnahme der peruanischen Expedition der Stern 10.—11. Grösse in Rektaszension 4^h 36^m und Deklination — 38° 29'. Nach

[1]) The Astron. Journal No. 196.

Mrs. Fleming war er gemäss jener Aufnahmen mindestens 7. Grösse, so dass eine Lichtveränderung von 3—4 Grössenklassen anzunehmen wäre.

Die Umgebung von Tycho's Nova in der Cassiopeja. Der berühmte tychonische Stern, welcher im November 1572 in der Cassiopeja aufleuchtete und im März 1574 wieder verschwand, hatte seinen Ort am Himmel in 0^h 18^m Rektaszension und 63° 26′ nördl. Deklination (für 1870). Im Jahre 1864 hat Prof. d'Arrest in Kopenhagen die Umgebung jenes Punktes am $10^1/_2$-zolligen Refraktor genau aufgenommen und eine Karte derselben entworfen, welche alle Sterne bis zur 16. Grössenklasse enthält. Innerhalb eines Radius von 10′ um jenen Ort kann man nach d'Arrest's Versicherung jeden in der Karte nicht verzeichneten Gegenstand, der sich am Himmel zeigen sollte, mit völliger Sicherheit als neu oder veränderlich betrachten. Eine Reproduktion dieser Karte findet sich auf Seite 446 der „Anleitung zur Durchmusterung des Himmels von Dr. Klein".

Unlängst hat Isaak Roberts die Umgebung jenes Sterns photographisch aufgenommen. Seine Photographie erstreckt sich auf Sterne bis zur 17. Grösse und enthält 400 Sterne, während die Karte von d'Arrest nur 212 Sterne enthält. Die Photographie zeigt am Orte der Nova nichts, weder Stern, noch Nebel, dagegen fünf Sterne, welche beträchtlich ihren Ort verändert haben, einige andere, die eine Veränderung der Helligkeit anzeigen, und endlich enthält die Karte sechs Sterne, welche auf der Photographie fehlen. Das letztere ist von der grössten Wichtigkeit und verdient dringend eine genaue Untersuchung. Denn die von d'Arrest eingetragenen Sterne haben zu seiner Zeit sicherlich an den betreffenden Orten gestanden, und es kann sich nur um die Frage handeln, ob dieselben vielleicht veränderlich sind oder noch unbekannten Planeten angehören.

Ursache des Lichtwechsels der roten veränderlichen Sterne von langer Periodendauer. Im Jahre 1865 hat Klinkerfues auf die Möglichkeit hingewiesen, dass bei den roten veränderlichen Sternen von langer Periode (welche meist der III. Vogel'schen Spektralklasse angehören) der Lichtwechsel durch eine Ebbe und Flut zu erklären sei, welche bei Doppelsternen durch ihre gegenseitige Anziehung in den Atmosphären verursacht werde. Diese Hypothese, die in allgemeinen Umrissen auch schon früher ausgesprochen worden ist, hat indessen wenig Beachtung gefunden, und zwar hauptsächlich wohl deshalb, weil man die Exsitenz von so engen Doppelsternen nicht für sehr wahrscheinlich hielt. Durch die Entdeckungen von Pickering und Vogel ist aber das Vorhandensein enger Doppelsterne heute thatsächlich erwiesen, und es erscheint daher an der Zeit, die Klinkerfues'sche Hypothese einer genauen Prüfung zu unterziehen. Eine solche hat Dr. Wilsing jüngst ausgeführt[1]), indem er von der,

[1]) Astr. Nachr. No. 2960.

für die mathematische Behandlung des Problems erwünschten Vereinfachung ausging, dass die Bahn des Begleiters die Verbindungslinie zwischen Erde und Hauptstern schneidet, wodurch die Höhe der absorbierenden Atmosphäre durch seine Anziehung in den Konjunktionen vermehrt, in den Quadraturen vermindert wird. Die Grösse der gesamten Lichtänderung wird durch den Helligkeitsunterschied des Sterns in diesen Hauptepochen bestimmt. Es handelt sich nun darum, zu untersuchen, welche Annahmen über die Dimensionen der atmosphärischen Hülle und über ihr Absorptionsvermögen erforderlich sind, um in Verbindung mit gegebenen Werten für die Massen und Entfernungen der Sterne eine Helligkeitsschwankung von bestimmtem Betrage zu erklären. Die weiteren mathematischen Entwickelungen führen unter Voraussetzung einer atmosphärischen Schicht, deren Dicke von gleicher Ordnung in Bezug auf den Halbmesser des Sterns ist, wie bei unserer Sonne, zu einem bestimmten Ergebnisse, welches Dr. Wilsing in folgenden Sätzen zusammenfasst:

„Nimmt die Oberflächentemperatur des Hauptsterns im Algolsystem durch Ausstrahlung so weit ab, dass sich derselbe dauernd mit einer atmosphärischen Schicht zu bedecken vermag, deren Dicke $^1/_{90}$ seines Halbmessers, und deren Lichtabsorption für gleiche Länge $^1/_{200}$ der Absorption in der Erdatmosphäre beträgt, so zeigt der Stern eine innerhalb 34 Stunden periodisch verlaufende Helligkeitsschwankung, deren Amplitude $1^m 3$ beträgt. Die mittlere Helligkeit des Sterns wird zugleich um $4^m 5$ erniedrigt. Nach Vorstehendem hat es keine Schwierigkeit, Helligkeitsschwankungen von mehreren Grössenklassen zu erklären, wenn man erwägt, dass die störende Kraft des Begleiters umgekehrt proportional der dritten Potenz der Entfernung beider Körper und direkt mit der Masse des Begleiters zunimmt. Gehören beide Sterne des Systems, wie dies bei gemeinsamer Entstehung und nicht zu beträchtlichem Massenunterschiede im allgemeinen anzunehmen ist, derselben Entwickelungsstufe an, so haben wir auch dieselben Erscheinungen, welche wir für den Hauptstern betrachtet haben, bei dem Begleiter in vergrössertem Massstabe vorauszusetzen. Da nun die Zeiten grössten und kleinsten Lichts beider Sterne zusammenfallen, so addieren sich ihre Wirkungen in den beobachteten Schwankungen der Gesamthelligkeit, die Amplitude der letzteren nimmt zu. Der Betrag der mittleren Helligkeitsabnahme von $4^m 5$, welcher in dem obigen Beispiel gefunden wurde, hat nichts Unwahrscheinliches, da nach Vogel's Beobachtungen schon in der Sonnenatmosphäre die Absorption für rotes Licht $0^m 4$, für violettes $1^m 2$ beträgt. Bei dem Einfluss der Beschaffenheit der Atmosphäre auf die scheinbare Helligkeit der Sterne braucht aber einem bedeutenden Helligkeitsunterschied zweier Sterne nicht notwendig auch eine beträchtliche Temperaturdifferenz zu entsprechen, sobald sich

nur ihre Oberflächentemperaturen in der Nähe des Punktes befinden, wo sich eine stark absorbierende Atmosphäre zu bilden vermag. Die geringe Helligkeit des Algolbegleiters findet vielleicht hierin ihre Erklärung. Ist die Deformation, welche die Atmosphäre des Sterns durch die Anziehung eines in sehr excentrischer Bahn sich bewegenden Begleiters bei seinem Periheldurchgang erleidet, von der Ordnung ihrer Höhe, so wird ein Teil der Oberfläche des Sterns freigelegt, also zunächst eine beträchtliche Aufhellung des kontinuierlichen Spektrums erfolgen. Diese Konsequenz wird durch die Beobachtungen bestätigt. Vogel sagt in seiner Abhandlung: „Über das Spektrum des neuen Sterns im Schwan“ (Berichte der Berliner Akademie 1877): „Es schien schon beim ersten Anblick das Spektrum von denen der meisten roten Sterne abzuweichen, und hat auch bei einer späteren Vergleichung mit der von dem Spektrum ausgeführten Zeichnung kein befriedigender Zusammenhang, weder mit dem so sehr verbreiteten Spektrum der Klasse III a, noch mit dem selteneren der Klasse III b gefunden werden können“. „Zur Charakterisierung des Spektrums ist noch zu erwähnen, dass Blau und Violett im Vergleich zu anderen Sternen, welche ein Bandenspektrum zeigen, sehr gut sichtbar waren, und dass jedenfalls infolge der verhältnismässig geringen allgemeinen Absorption, welche diese Teile des Spektrums erlitten, die Farbe des Sterns nur wenig von der mittleren Sternfarbe abwich. Es resultiert, dass das Spektrum des neuen Sterns ein kontinuierliches gewesen ist, von zahlreichen dunklen Linien und Streifen und mehreren hellen Linien durchzogen. Die Intensität dieses anfänglich sehr glänzenden kontinuierlichen Spektrums hat sich sehr bald verringert, so dass dasselbe 3 Monate nach der Auffindung des Sterns nur zum Teil und da nur äusserst schwach sichtbar war. Die Intensitätsabnahme hat sich nicht gleichmässig über das Spektrum erstreckt, es haben die blauen und violetten Strahlen schneller an Glanz verloren, im Vergleich zu den Strahlen mittlerer Brechbarkeit Grün und Gelb. Der rote Teil des Spektrums, der schon bei den ersten Beobachtungen sehr schwach und von breiten Absorptionsbändern durchzogen war, ist sehr bald ganz verschwunden, so dass eine helle Linie im Rot ganz isoliert zu stehen schien. Die hellen Linien übertrafen anfänglich, mit Ausnahme einer Linie im Rot, das kontinuierliche Spektrum nur wenig an Glanz und waren deshalb schwer sichtbar. Bei der ziemlich raschen Lichtabnahme des kontinuierlichen Spektrums traten dieselben jedoch besser hervor. Dieser Verlauf der Erscheinung würde sich auf die oben angedeutete Weise erklären lassen, wenn gleichzeitig mit der Beseitigung der absorbierenden atmosphärischen Hülle gewaltige Eruptionen glühender Gasmassen aus dem Innern des Sterns erfolgen, deren Ursache man gleichfalls in der Anziehung des Begleiters zu suchen hat. Unter

diesen Umständen tritt zunächst eine Aufhellung des kontinuierlichen Spektrums ein. Dasselbe ist durchzogen von Absorptionsbändern, welche von den noch bedeckten Teilen der Oberfläche des Sterns herrühren, und von hellen Linien, welche die aus dem Innern hervorbrechenden, glühenden Gasmassen liefern. Mit zunehmender Entfernung des Begleiters nach seinem Durchgang durch das Perihel wird die Oberfläche des Sterns wiederum von der Atmosphäre bedeckt, die Intensität des kontinuierlichen Spektrums nimmt rasch ab, und zwar verlieren die violetten Strahlen, wenn eine der Sonnenatmosphäre ähnliche Beschaffenheit der Hülle vorausgesetzt wird, schneller an Helligkeit, als die auch optisch wirksamsten Strahlen mittlerer Brechbarkeit. Die hellen Linien, welche von den glühenden Gasen herrühren, die sich ihrer geringen Dichtigkeit wegen über der absorbierenden Schicht befinden, treten zunächst deutlicher hervor; man erhält ein Emissionsspektrum von ähnlicher Art, wie man es häufig über Sonnenflecken zu beobachten Gelegenheit hat. Erst allmählich verschwinden die hellen Linien mit abnehmender Temperatur der Gasmassen. In gleicher Weise werden die Beobachtungen des neuen Sterns im Andromedanebel erklärt. Vogel sagt über das Spektrum des Sterns: „Das Spektrum war kontinuierlich, ohne bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Nach meinen Beobachtungen gehört das Spektrum bestimmt nicht zur Klasse III b, denn die Banden in Gelb und Blau, die ich bei den ersten Beobachtungen, wo der Stern hell war, wahrgenommen habe, waren nicht sehr breit. Die Erklärung dieser Beobachtungen bereitet Schwierigkeiten, wenn man das Hervorbrechen glühender Gasmassen als wesentliche Ursache der Erscheinung temporärer Sterne ansieht, während sie nach der oben vorgetragenen Anschauung verständlich werden, unter der Voraussetzung, dass eine Eruption überhaupt nicht stattgefunden hat, sondern die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums allein der teilweisen Beseitigung der absorbierenden Atmosphäre zuzuschreiben ist. Wenn die Klinkerfues'sche Hypothese wenig geeignet erscheint, die irregulären Lichtschwankungen mancher Veränderlichen befriedigend zu erklären, deren Ursache besser in einer periodisch auftretenden Fleckenbildung gesucht wird, so darf sie doch, nachdem das Hauptbedenken, welches ihrer Annahme entgegenstand, beseitigt ist, für die Erklärung der gesetzmässiger verlaufenden Helligkeitsschwankungen der Sterne der III. Spektralklasse die gleiche Beachtung beanspruchen, wie die Zöllner'sche sogenannte Schlackenhypothese".

Sternspektra. Die Sternspektra des I. Typus auf Grund der photographischen Aufnahmen am astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam hat Dr. J. Scheiner untersucht[1]). Derselbe bemerkt zunächst, dass durch Einführung der photographischen

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wissensch. v. 13. Febr. 1890.

Methode die Sicherheit der Untersuchung des Details der Sternspektra zugenommen habe und er deshalb eine derartige Untersuchung für die sämtlichen dort erhaltenen Aufnahmen ausgeführt hätte. Schon früher[1]) hat Dr. Scheiner einige vorläufige Mitteilungen gemacht, um die ausserordentliche Überlegenheit der photographischen Methode bei stark dispergierten Sternspektren gegenüber der direkten Beobachtung klarzulegen. „Die Genauigkeit", sagt er, „der Bestimmung der Wellenlängen bei der photographischen Methode beträgt etwa das Zwanzigfache derjenigen bei direkter Beobachtung und ist ungefähr dieselbe, wie die in den letzten Jahren beim Sonnenspektrum erreichte. Gleichzeitig konnte ich zeigen, dass auch für den bisher nur wenig untersuchten Teil des Spektrums von F bis H die aus der Beobachtung des Teiles von C bis F abgeleitete Vogel'sche Klassifizierung der Sternspektra in vollem Umfange gültig ist, und dass sich zwischen den verschiedenen Spektralklassen durch passende Wahl der Objekte ein kontinuierlicher Übergang nachweisen lässt, wie er nach den physikalischen Grundlagen dieser Klassifizierung notwendig vorhanden sein muss."

In der vorliegenden Abhandlung verbreitet sich Dr. Scheiner nunmehr über die Resultate, die sich aus den Untersuchungen der Sternspektra der I. Klasse ergeben haben, und die aus direkten Beobachtungen wohl nicht hätten erhalten werden können. Er sagt:

„In den Spektren des Typus Ia erscheinen die Wasserstofflinien ausserordentlich breit und verwaschen, während die etwa vorhandenen Linien der übrigen Metalle nur sehr fein und zart angedeutet sind und in einzelnen Fällen sogar nur dadurch zur Sichtbarkeit gelangen, dass sie in Gruppen vereint auftreten. Eine Ausnahme von dieser Regel findet nur für zwei Linien statt, deren Wellenlängen ich zu 448.14 und 447.14 $\mu\mu$ bestimmen konnte. Die erste dieser Linien ist ohne Zweifel identisch mit der Linie 448.141 $\mu\mu$ im Sonnenspektrum, welche dem Magnesium zugehört, während für die andere, deren Wellenlänge nach Differenzmessungen gegen die Mg.-Linie genauer zu 447.136 $\mu\mu$ anzusetzen ist, eine entsprechende Linie im Sonnenspektrum nicht auftritt. Das eigentümliche Verhalten dieser Linien, die im Spektrum von β Orionis, ε Orionis und β Persei neben einander vorkommen, während in allen anderen von mir bisher untersuchten Sternspektren stets nur eine derselben vorhanden ist, besteht nun darin, dass, solange sie ausser den Wasserstofflinien die einzigen des Spektrums sind — in dem untersuchten Teile des Spektrums von F bis H ist ein Urteil über das Vorkommen des wahrscheinlich in diesen Sternen vorhandenen Natriums nicht möglich, da Linien dieses Metalls nur in den weniger brechbaren Teilen

[1]) Astron Nachr. Nr. 2923. 2920.

des Spektrums auftreten — ihr Aussehen sich nach demjenigen der Wasserstofflinien richtet; je mehr die letzteren breit und verwaschen erscheinen, um so mehr findet dies auch bei diesen Linien statt. Sobald aber noch andere Metalllinien auftreten, und zwar besonders, wie es scheint, diejenigen des Eisens, erscheinen auch die beiden Linien 448.14 und 447.14 $\mu\mu$ fein und scharf, genau so wie die anderen. Der Magnesiumdampf und der der Linie 447.14 $\mu\mu$ entsprechende unbekannte Stoff treten also bereits in einem frühen Übergangsstadium der Sterne in denjenigen Zustand über, wie ihn der Wasserstoff erst dann annimmt, wenn die Metalllinien zahlreich und stark werden, mit anderen Worten, wenn die Abkühlung so weit vorgeschritten ist, dass der zweite Spektraltypus erreicht wird. Die bisher noch nie beobachtete Linie 447.14 $\mu\mu$ kommt nun mit einziger Ausnahme (β Persei) unter allen von mir untersuchten Spektren nur in den Sternen der ersten Spektralklasse des Orion vor, und zwar in sämtlichen, nämlich in β, γ, δ, ε und ζ Von Copeland ist im Spektrum des Orionnebels eine schwache Linie bei der Wellenlänge 447.6 $\mu\mu$ gefunden worden; auf eine Anfrage hin hatte Prof. Copeland die Güte, mir mitzuteilen, dass die Bestimmung der Wellenlänge dieser Linie bei der grossen Lichtschwäche derselben innerhalb der Grenzen $+ 0.5$ $\mu\mu$ durchaus unsicher, und dass die Linie daher wahrscheinlich mit der von mir gefundenen identisch sei. Mit der Magnesiumlinie kann sie nicht zusammenfallen, da die übrigen helleren Magnesiumlinien in Nebelspektren nicht sichtbar sind. Der durch das gemeinsame Auftreten dieser sonst augenscheinlich nur selten vorkommenden Linie dokumentierte physikalische Zusammenhang zwischen den genannten Orionsternen würde hiermit auch auf den Orionnebel auszudehnen sein. Die Entfernung des letzteren wäre danach, entgegen früheren Vorstellungen, noch viel kleiner zu schätzen, als es nach den neuesten Untersuchungen von Huggins bereits zu geschehen hätte, welche einen Zusammenhang der Sterne des Trapezes mit dem Nebel wahrscheinlich gemacht, jedenfalls nachgewiesen haben, dass in ihrer nächsten Umgebung die Nebelmaterie in verdichtetem Zustande vorhanden ist.“

Bezüglich der Sternspektra der Klasse Ib sagt Dr. Scheiner:

„Diese Spektra unterscheiden sich von denjenigen der Klasse Ia wesentlich dadurch, dass die Wasserstofflinien sowohl wie die anderen Metalllinien von nahe gleicher Breite sind und eine Schärfe der Begrenzung aufweisen, wie sie der Breite der Linien nach nicht zu erwarten ist. Sie sind etwa dreimal so breit, wie die Wasserstofflinien des Typus IIa bei etwa gleicher Verwaschenheit. Es erscheint dies zunächst als ein Widerspruch gegen den Kirchhoff'schen Satz, da aus den Folgerungen desselben hervorgeht, dass eine Linienverbreiterung nur gleichzeitig mit einer Zunahme der Verwaschenheit stattfinden kann. Ich glaube

indessen, eine Erklärung hierfür gefunden zu haben, welche die Grenzen des Kirchhoff'schen Satzes nicht überschreitet."

Wir können diesen Erklärungsversuch hier übergehen, müssen jedoch hervorheben, dass Dr. Scheiner aus seiner Entwickelung folgert, dass „bei den Fixsternen vom Typus Ib verhältnismässig schwache und stark abgekühlte Atmosphären vorhanden sind, wobei leicht beide Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein können, wenn die Atmosphären sehr ausgedehnt, aber sehr wenig dicht sind." Er fährt dann fort: „Abgesehen von dem Aussehen der Linien sind die Spektren des Typus Ib auch insofern interessant, als bei ihnen sehr viele Linien auftreten, die mit solchen des Sonnenspektrums nicht mit Sicherheit zu identifizieren sind, da die Intensitätsverhältnisse völlig abweichen. Das linienreichste Spektrum dieser Art ist dasjenige von α Cygni, welches bisher stets zu Klasse Ia gerechnet wurde, in den photographischen Aufnahmen aber entschieden den Typus Ib aufweist."

Bei diesem Spektrum ist das Verhalten der Eisenlinien von besonderem Interesse, und Dr. Scheiner teilt in seiner Abhandlung die Resultate der Ausmessung von zwei Aufnahmen desselben mit. Es geht aus diesem Verzeichnis hervor, „dass im Spektrum von α Cygni zwar eine grosse Anzahl von Eisenlinien vorhanden ist, dass die Intensitäten der Eisenlinien aber keineswegs denjenigen auf der Sonne entsprechen. Eine Reihe der stärksten Eisenlinien fehlen ganz in diesem Spektrum, andere sehr starke, wie z. B. diejenigen bei 427.217, 431.556, 432.622 treten nur sehr schwach auf, während andererseits stärkere Eisenlinien des Spektrums von α Cygni mit schwachen des Sonnenspektrums zusammenfallen. Es geht hieraus hervor, dass auf α Cygni der Eisendampf in einem von den Verhältnissen auf der Sonne durchaus abweichenden Temperaturzustande vorhanden sein muss, ein Resultat, welches sich mit dem aus dem Aussehen der Linien gewonnenen vollständig deckt."

Im dritten Abschnitt seiner Abhandlung verbreitet sich Dr. Scheiner noch über eine merkwürdige Thatsache:

„Die Wasserstofflinien vieler Sterne der Klasse Ia zeigen eine Erscheinung, die bisher durchaus unbekannt gewesen ist. Dieselben sind nämlich in der Mitte keineswegs absolut dunkel, vielmehr findet daselbst noch eine merkliche Lichtwirkung statt, die unter Umständen so weit gehen kann, wie z. B. bei ζ Orionis, dass die sehr breiten und verwaschenen Linien sich kaum noch von dem kontinuierlichen Spektrum abheben. Es ist zunächst klar, dass diese Erscheinung einen Übergang zu den bisher ganz isoliert dastehenden Spektren des Typus Ic bildet, in welchem die Wasserstofflinien und D_3 hell auftreten, indem sich zwischen Typus Ic und Ia durch geeignete Wahl der Individuen dieselbe Brücke bilden lässt, wie zwischen Ia und IIa. Und gerade wie im letzteren Falle dieser Übergang erklärt ist durch eine allmähliche

Abkühlung, durch einen Prozess also, der allen Sternen gemeinsam ist, und der daher von allen eingehalten werden wird, so gilt diese Erklärung auch für den Übergang von Ic auf Ia, so dass wir zu dem Schlusse geführt werden, dass der Typus Ic dem Anfangsstadium der Sternentwickelung noch näher steht als Ia. Für die oben angedeutete Erscheinung der Aufhellung der Linien, als deren extremster Fall der Typus Ic zu betrachten ist, lassen sich zwei Erklärungen aufstellen. Die erste derselben beruht darauf, dass die Grösse des Temperaturunterschiedes zwischen Atmosphäre und derjenigen Schicht, welche durch den Glühzustand flüssiger oder fester Materie das kontinuierliche Spektrum liefert (Photosphäre), von Einfluss ist auf die Stärke der Absorption. Je geringer dieser Temperaturunterschied, um so schwächer wird die Absorption; bei gleicher Temperatur findet weder Absorption noch Emission statt, und wird die Temperatur der Atmosphäre höher als diejenige der Photosphäre, so haben wir nur noch Emission, die Linien treten hell auf. Die Annahme aber, dass die Temperatur der Atmosphäre höher sein könne, als diejenige des Kerns, widerspricht allen physikalischen Erfahrungen, und damit wird diese ganze Erklärung eine unwahrscheinliche. Die zweite Erklärung führt auf keine weiteren Schwierigkeiten; bei ihr nimmt man an, dass die betreffenden Sterne von ausgedehnten Wasserstoffatmosphären (und D_3) umgeben sind, wie dieses auch im Einklange mit der Breite der Linien steht, und dass das Emissionsspektrum des Wasserstoffs von denjenigen Teilen der Atmosphäre, die in der von uns gesehenen Projektion ausserhalb der eigentlichen Sternscheibe liegen, das Absorptionsspektrum des mittleren Teils überlagert und hierbei die sonst dunklen Linien aufhellt oder sogar bei genügender Ausdehnung der Atmosphäre überstrahlt. Das Aussehen der aufgehellten Wasserstofflinien in den untersuchten Spektren vom Typus Ia spricht direkt für die letztere Erklärung, da die Aufhellung auf einer gewissen Strecke in der Mitte der Linien nahe konstant ist, während bei der ersteren Annahme nur die Linie in ihrer ganzen Breite blässer werden, übrigens aber vom Rande bis zur Mitte eine kontinuierliche Abnahme des Lichts stattfinden müsste. Die photographischen Aufnahmen des Spektrums von γ Cassiopejae, des hervorragendsten Vertreters des Typus Ic, liefern ferner einen direkten Beweis für die Gültigkeit der zweiten Erklärung, auch für die vollständig ausgeprägte Erscheinung dieses Typus. Bei einer sehr ausgedehnten Atmosphäre muss die Dichtigkeit der äusseren Teile derselben, welche für die Emission die weitaus grösste wirksame Fläche bilden, sehr viel geringer sein, als diejenige der inneren Teile. Das Hauptquantum des Lichts in einer hellen Linie wird also von einem Gase geringerer Dichtigkeit als der mittleren geliefert, und nur ein kleiner Teil von einem Gase grösserer Dichtigkeit. Der erste Teil kann nur eine schmale Linie ver-

ursachen, der zweite eine verbreiterte; mithin ist das Intensitätsverhältnis zwischen Mitte und Rand der Linie ein ganz anderes, als bei der Absorptionslinie, bei welcher dieses Verhältnis einem Gase von der mittleren Dichtigkeit entspricht. Der Unterschied äussert sich in dem Sinne, dass die äusseren verbreiterten Teile der Linie verhältnismässig sehr schwach sind, so dass scheinbar die Emissionslinie schmäler ist als die Absorptionslinie; die letztere kann also nicht vollständig von der Emissionslinie überdeckt werden. Dem entspricht nun thatsächlich der Anblick der hellen Linie in γ Cassiopejae — andere Sterne vom Typus Ic sind dem Spektrographen nicht zugänglich. Die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums beginnt zunächst etwas abzunehmen, wie beim Anfang einer Absorptionslinie, und dann erst fängt eine Zunahme der Helligkeit bis zur Mitte der hellen Linie an. Eine Gegenwirkung ist durch den Umstand bedingt, dass die inneren dichten Schichten der Atmosphäre eine höhere Temperatur besitzen werden als die äusseren, und dass also ihr Emissionsspektrum ein helleres sein wird; indessen ist es eine bekannte Thatsache, dass die Helligkeit der äussersten Teile einer verbreiterten Linie bei Temperaturerhöhungen viel weniger zunimmt, als diejenige der mittleren, so dass also die Gegenwirkung nur eine geringe sein kann."

Ein Verzeichnis der Sterne des IV. Spektraltypus hat T. E. Espin gegeben [1]). Das Spektrum besteht aus drei hellen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Bändern, deren hellstes im Grün liegt. Dieser Sterntypus ist verhältnismässig selten, auch übersteigt die Helligkeit der dazu gehörigen Sterne nicht die sechste Grössenklasse. Nachstehend folgt das von T. E. Espin gegebene Verzeichnis. Es giebt die Rektaszension und Deklination für 1890.0. Die Namen der Beobachter, welche den Charakter des Spektrums nachweisen, sind wie folgt abgekürzt: Birmingham = Birm.; Secchi = Se.; d'Arrest = D'A.; Vogel = V.; Pechüle = Pe.; Pickering = Pi.; Dunér = Du.; Konkoly = K.; Espin = Es.; Schjellerup = Schj. Von den **113** aufgeführten Sternen stehen nur 29 südlich vom Himmelsäquator, so dass bei einer gleichen Verteilung dieser Sterne am ganzen Himmel nur 168 Sterne des IV. Typus vorhanden wären, bis zur 8.8 Grösse. Ist auch diese Zahl wahrscheinlich zu gering, so ergiebt sich doch immerhin, dass die Sterne dieses Typus überhaupt äusserst selten sind. In dem folgenden Verzeichnis giebt die erste Kolumne die fortlaufende Nummer an, die zweite bezeichnet den Katalog, in dem der Stern aufgeführt wird, oder den Namen des Sterns. Die mit + oder — vorgezeichneten Zahlen mit Gradangaben bezeichnen die Sternnummern in der Bonner Durchmusterung (D. M.), die dritte und vierte Kolumne geben Rektaszension und Deklination für **1890**, die fünfte enthält die Sterngrössen und die sechste Kolumne die Autorität, auf der die Angaben beruhen.

[1]) Monthly Notices **49.** Nr. 6. p. 364 u. ff.

No.	Schj., D. M., &c.	Rektaszension h	m	s	Deklination °	′	Mag.	Aut.
1	Schj. 3	0	14	5	+44	5.9	8.2	Du.
2	+34°.56		21	42	+34	59.7	8.1	Du.
3	+57°.165		48	22	+57	57.9	9 5	Es
4	Schj. 7	1	10	5	+25	11.3	7.0	D'A.
5	Es. 230		26	27	+57	11.2	9.8	Es.
6	+51°.575	2	19	12	+51	34.1	9.0	Es.
7	+56°.724		42	22	+56	31.5	9.4	Du.
8	+57°.647		42	51	+57	23.7	8 9	Du.
9	+57°.702	3	2	57	+57	29.1	7.9	Pi.
10	+47°.783		6	1	+47	26.5	9.0	Es
11	Schj. 27a		32	21	+62	17.5	7.0	Du.
12	+61°.667		56	18	+61	32.0	7.5	Es.
13	Schj. 41	4	39	49	+67	58.4	7.0	Se.
14	+21°.702	4	41	14	+21	57.8	9.4	Es.
15	+34°.911		41	59	+34	48.4	8.8	Es.
16	+15°.691		44	19	+15	36.4	9.4	Es.
17	Schj. 43		44	38	+28	20.3	8.1	Se.
18	+38°.955		45	6	+38	18.9	8.8	Es.
19	+22°.770		47	12	+22	35.5	9.2	Es.
20	R. Leporis		54	36	—14	58.3	var.	V.
21	+38°.1010		55	48	+38	54.6	9.5	Es.
22	Schj. 51		59	43	+ 1	1.5	6 0	Se.
23	—5°.1174	5	3	24	— 5	39.3	8.7	Du.
24	+35°.1046		11	48	+35	40.4	8 9	Es.
25	+32°.957		14	49	+32	23.7	9.3	Es
26	S. Aurigae		19	51	+34	3.2	var.	Du.
27	+7°.929		27	17	+ 7	3 8	8.2	Es.
28	+68°.398		29	7	+68	44.3	9.3	Es
29	Schj. 64		38	29	+24	22.3	8.5	Du
30	Schj. 64a		39	6	+20	38.9	7.7	Du
31	Schj. 65		40	10	—46	30.2	7½	Pe.
32	Schj. 64c		41	3	+30	35.4	8.5	Es.
33	Schj. 72	6	4	3	+26	2.1	7.4	D'A
34	Schj. 73		6	38	+27	11.8	9.0	Du.
35	+33°.1290		10	1	+33	14.6	9.1	Es.
36	Es. 160		13	26	+47	44.6	8.7	Es.
37	+3°.1214		16	36	+ 3	28 8	9.0	Es.
38	+25°.1250		17	5	+25	4.2	9.5	Es.
39	Schj. 74		19	12	+14	46.9	6.5	D'A.
40	Es. 243		19	44	+19	9.7	9.4	Es.
41	+3°.1381		38	54	+ 3	25.7	9.3	Pi.
42	Es. 247		46	59	— 7	0.5	8.8	Es.
43	+6° 1462		52	30	+ 6	18.8	8.0	Es.
44	—3°.1685		55	31	— 3	6 0	7.7	Es.
45	Schj. 88	7	1	37	— 7	23.3	8.3	Es.
46	Schj. 89		2	55	—11	45.6	7.6	Se.
47	+14°.1594		6	13	+14	53.5	9.0	Es.
48	+48°.1504		9	57	+48	42.0	9.0	Es.
49	+25°.1641		13	55	+25	11.6	9.0	Es.
50	—3°.1886		19	24	— 4	0.9	8.7	Es.
51	—2°.2101		19	47	— 2	54.5	9.0	Es.
52	+24°.1686		25	14	+24	44 8	8.2	Es.
53	+2°.1715		30	23	+ 2	19.0	9.3	Es.
54	+5°.1797		42	55	+ 5	41 9	9.0	Es.
55	—13°.2247		44	35	—13	49.2	7.2	K.
56	Schj. 103		53	15	—49	41.2	8	Pe.
57	Pi. 26		57	1	—12	46.6	var.	Pi.

No.	Schj., D. M., &c.	Rektaszension h	m	s	Deklination °	′	Mag.	Aut.
58	Schj. 115	8	49	11	+17	28.5	6.5	D'A.
59	50 T Cancri		50	23	+20	16.2	var.	Es.
60	+11°.1954		72	17	+11	15.5	var.	Es.
61	Schj. 124	9	45	59	−22	30.2	7.3	Pe.
62	Schj. 125		50	56	−41	3.9	7½	Pe.
63	Schj. 126		56	23	−59	41.4	7¾	Pe.
64	Schj. 128	10	7	4	−34	46.7	7¼	Pe.
65	Schj. 130		30	20	−38	59.6	5.9	Pi.
66	U Hydrae		32	7	−12	48.8	var.	Se.
67	+68°.617		37	25	+67	59.1	6.2	Du.
68	Schj. 136		46	17	−20	40.0	6.8	Se.
69	Schj. 145	12	19	37	+ 1	22.8	8.1	D'A.
70	Schj. 152		39	57	+46	2.5	5.5	Se.
71	Schj. 155b		52	6	+66	35.4	7.3	D'A.
72	−2°.3638	13	4	3	− 2	47.9	8.3	K.
73	V Coronae	15	45	36	+39	54.2	var.	Du.
74	V Ophiuchi	16	20	36	−12	10.6	var.	Du.
75	Schj. 202	17	23	14	−19	23.0	7.8	Du.
76	Schj. 205		38	29	−18	36.5	8.5	Du.
77	+4°.3779	18	25	6	+ 4	18.6	9.5	Es.
78	+36°.3168		28	32	+36	54.9	8.5	Du.
79	−7°.4633		31	7	− 7	41.4	9.0	Es.
80	+36°.3243		39	1	+36	51.3	7.5	Du
81	Schj. 219		43	57	− 8	1.8	7.1	Du.
82	Schj. 221		51	56	+ 0	18.6	9.2	Es
83	Schj. 222		53	30	+14	12.9	9.0	Du.
84	Schj. 222c		58	32	− 5	50.8	7.0	V.
85	−16°.5272	19	12	51	−16	6.4	6.8	Es.
86	Schj. 229		25	28	+76	20.4	6.5	Se.
87	+45°.2906		25	31	+45	49.1	8.6	Es.
88	Schj. 228		28	1	−16	36.7	7.2	Se
89	+32°.3522		36	44	+32	22.8	8.0	Du.
90	+43°.3425		53	40	+42	57.9	8.2	Du.
91	+27°.3612	20	0	14	+20	20.2	7.8	Es.
92	+47°.3031		6	7	+47	31.5	9.3	Du.
93	+35°.4002		6	14	+35	37.6	9.5	Pi.
94	Pi. 38		6	57	+45	47.1	var. (?)	Pi
95	+38°.3957		9	25	+38	23.8	8.7	Du.
96	V Capricorni		10	40	−21	38.3	var.	Se.
97	+37°.3876		14	28	+37	6.9	9.	Es.
98	U Cygni		16	11	+47	32.8	var.	Du.
99	+36°.4028		17	12	+36	33.2	9.5	Es.
100	+37°.3903		17	24	+37	10.4	9.4	Es.
101	+39°.4208		24	50	+39	36.7	9.2	Es.
102	V Cygni		37	37	+47	44.9	var.	V.
103	Es. 287		41	19	+44	27.7	8.5	Es.
104	+45°.3271		43	7	+45	38.9	8.8	Es.
105	Schj. 248b	21	18	16	+41	55.6	9.5	Du.
106	S Cephei		36	35	+78	7.7	var.	Du.
107	Schj. 249a		37	23	+35	0.5	6.2	D'A.
108	Schj. 251		38	43	+37	30.8	7.8	Se.
109	Schj. 257		51	8	+49	58.6	9.1	Du.
110	+54°.2865	22	44	11	+54	31.7	8.5	Es.
111	+58°.2586	23	18	56	+58	34.6	9.0	Es.
112	19 Piscium		40	46	+ 2	52.6	var.	Se.
113	+42°.4824		58	43	+42	59.6	8.6	Es.

T. E. Espin setzt seine sorgfältigen Untersuchungen der Sternspektren fort. R. Andromedae, dessen Spektrum zum III. Typus gehört, zeigte am 25. September 1889, als der Stern 6.5 Grösse war, die Linie F sehr glänzend, ebenso wurde eine andere helle Linie (wahrscheinlich D_3), in dem Spektrum dieses Sterns gesehen. Am 17. Oktober, als der Stern etwa 7.8 Grösse war, blieb F noch eben sichtbar, überhaupt war die Veränderung in der Helligkeit dieser Linie bedeutender, als die Variationen in der Helligkeit des Sterns. Bei R Cygni erschien zur Zeit des Maximums die F-Linie sehr glänzend, später erheblich schwächer. R Cassiopejae, mit einem Spektrum des III. Typus, das durch Grösse und Intensität seiner Banden ausgezeichnet ist, zeigte am 25. September wahrscheinlich D_3 und die Linie γ des Wasserstoffes hell, nicht aber F. Ferner hat Espin helle Linien in den Spektren von ϑ^1 und ϑ^2 Orionis gefunden (am 26. März 1890), und wahrscheinlich zeigte das Spektrum von S Coronae ebensolche [1]). Helle Linien in den Spektren von γ Cassiopejae und β Lyrae sind auch auf der Sternwarte zu Greenwich beobachtet worden [2]), und zwar ergab sich, dass die Helligkeit dieser Linien Schwankungen unterworfen ist. Bei γ Cassiopejae waren diese Helligkeitsschwankungen der drei Linien (C_1, D_3, F) weder gleichzeitig, noch erfolgten sie in demselben Sinne. Bei β Lyrae sind die Beobachtungen in dieser Beziehung nicht zahlreich genug, um sicheren Entscheid zu geben. Die Linien C und F sind Wasserstofflinien, die helle Linie nahe bei D im Spektrum von β Lyrae ist die sogenannte „Helium"-Linie D_3, ob sie ihre Helligkeit entsprechend derjenigen des Sterns selbst ändert, ist nicht sicher, aber auch nicht ausgeschlossen. Im Spektrum des veränderlichen o Ceti war nahe dem Maximum von hellen Linien bei F oder D_3 nichts zu sehen, wohl aber erschien eine helle Linie im Violett, offenbar die dritte Linie des Wasserstoffs. Im Spektrum von R Cygni wurden die Linien D_3 und F hell gesehen, in jenem von P Cygni erschien eine helle Linie von der Wellenlänge 4858.4 recht deutlich und am Rande etwas verschwommen.

Eine merkwürdige Eigentümlichkeit zeigt das Spektrum der Pleione gemäss der photographischen Aufnahme zu Cambridge [3]). Es besteht nämlich aus der schmalen hellen Linie F, die auf einer breiten dunklen Linie zu liegen scheint. Auch die anderen in demselben sichtbaren Wasserstofflinien, besonders G, zeigen Andeutungen ähnlichen Aussehens. Das Spektrum hat im ganzen einige Ähnlichkeit mit demjenigen von P Cygni.

Die spektroskopische Beobachtung der Fixsterne wird auch auf der Lick-Sternwarte am dortigen grossen Refraktor betrieben [4]).

---

[1]) Observatory Nr. 162. p. 188. [2]) Monthly Notices 49. Nr. 5. p. 300. [3]) Astr. Nachr. Nr. 2934. [4]) Publications of the Astronomical Society of the Pacific Nr. 4.



Fig. 1.



Fig. 2.

Photographische Aufnahme eines Theils der Milchstrasse (Fig. 1)

Unter den bis jetzt untersuchten Sternen zeigte γ Cassiopejae die Linien C und F hell, schmal und scharf, G war kaum wahrnehmbar und D_3 nicht zu sehen. Diese letztere wurde von M. v. Gothard und v. Konkoly im August 1883 im Spektrum dieses Sterns gesehen, 1884 war sie unsichtbar, erschien dagegen wieder am 19. September 1888, wo sie wenigstens von Maunder gesehen wurde.

Auch der südliche Himmel wird jetzt im einzelnen spektroskopisch untersucht. R. L. J. Ellery zu Melbourne hat diese Arbeit mit einem 8-zolligen Refraktor begonnen und bereits etwa 100 Sterne geprüft. Die Untersuchung wird mit dem grossen daselbst befindlichen Spiegelteleskop fortgeführt[1]). Von den beobachteten Sternen sind folgende hervorzuheben.

γ Argus . . .	Spektrum mit vier hellen Linien, von denen die in Blau und Grün sehr hell sind
π Argus . . .	Kontinuierliches Spektrum.
η Crucis . . .	" "
δ " . . .	" "
ε " . . .	" "
γ " . . .	Interessantes Spektrum mit säulenförmigen Banden, im Violett viele dunkle Linien.
20 Librae . . .	Ähnliches Spektrum im γ Crucis.
39 " . . .	Dunkle Banden im Grün und Blau.
ζ Arae . . .	Eine dunkle Linie bei D, eine andere bei G vermutet.
η Sagittarii . .	Spektrum mit säulenförmigen Banden.
ε " . .	Starke Banden bei G und im Violett.
λ " . .	Kontinuierliches Spektrum, Gelb sehr schmal.
β Pavonis . . .	Dunkle Banden im Violett, Gelb fehlt fast.
γ Gruis . . .	Dunkle Linie bei C, Gelb sehr vortretend.
$δ^2$ " . . .	Spektrum ähnlich γ Crucis.

Die photographischen und spektroskopischen Untersuchungen der Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika. Der vierte Jahresbericht der an jener Sternwarte angestellten Studien über photographische Sternspektra wirkt durch die Mitteilung dessen, was dort thatsächlich ausgeführt ist, geradezu verblüffend. Niemand hätte geahnt, dass in verhältnismässig so überaus kurzer Zeit Arbeiten von solchem Umfange und solcher systematischen Gründlichkeit hätten ausgeführt werden können. Aber freilich verfügt das dortige Observatorium, Dank der grossartigen Liberalität wahrhaft erleuchteter amerikanischer Bürger, auch über Mittel, wie sie unseren europäischen Sternwarten nicht zu Gebote stehen.

Diese Arbeiten werden durch die Mittel eines besonderen Fonds, zum Andenken an Henry Draper, ausgeführt. Die erste Untersuchung bestand in Herstellung eines Katalogs von ungefähr 10000 Sternen von 7. Grösse und darüber nördlich von — 25° Deklination. Das benutzte Instrument ist das Bach-Teleskop mit photographischem Doublet-Objektive von 8 Zoll Durchmesser und 44 Zoll Öffnung. Diese Untersuchung ist nahezu vollendet, und

[1]) Monthly Notices 49 Nr. 9, p. 429.

der Katalog, welcher die genaue Beschreibung der Spektra giebt, im Druck.

Die zweite Untersuchung bezieht sich auf die Spektra der schwächeren Sterne. Es sind photographische Aufnahmen von einer Stunde Expositionsdauer in fast sämtlichen Teilen des Himmels gemacht worden nördlich von — 25⁰ Deklination, und sie liefern das Material zur Diskussion der Spektra der Sterne heller als 9. Grösse. Mehrere Tausend dieser Spektra sind ausgemessen und identifiziert worden.

Im Frühjahr 1889 ging eine Expedition unter Führung von S. J. Bailey unter Assistenz von M. H. Bailey nach Peru, und das Bach-Teleskop wurde auf einem 6500 Fuss hohen Berge nahe bei Chosika, 20 Meilen östlich von Lima aufgestellt. Sämtliche Erfordernisse zum Leben, selbst das Wasser, mussten auf dem Rücken von Maultieren aus 11 Meilen Entfernung herbeigeschafft werden. Wegen der grossen Holzarmut Perus waren zwei Skelette von Häusern in Nordamerika hergestellt und mitgenommen worden, die sich an Ort und Stelle gut bewährten. Das eine dieser kleinen Häuser diente zur Wohnung der Beobachter, das andere zur Aufnahme der Instrumente. Während der ersten 6 Monate war das Wetter sehr günstig, und mehr als 1300 photographische Aufnahmen konnten erhalten werden, im ganzen konnte die Hälfte des Programms in jener Zeit absolviert werden. Dann setzte die Regenzeit ein, und die Beobachter begaben sich südwärts bis zur Breite von Valparaiso, um nach einem geeigneten Orte Umschau zu halten. Die erste Reihe der Photographien mittels des Bach-Teleskops lieferte Karten des ganzen Himmels südlich von — 25⁰ Deklination mit Exposition von 10 Minuten. Sämtliche Sterne, welche heller als die 10. Grösse sind, wurden also photographiert. Durchweg sind zwei Sätze von Photographien erhalten worden, und zwar so, dass die Mittelpunkte der einen Reihe von Platten mit den Ecken der anderen zusammenfallen. Jeder Stern ist also mindestens auf zwei Platten sichtbar. Ein zweiter Satz von Photographien erstreckt sich über dieselbe Fläche des Himmels und beruht auf Aufnahmen von einer Stunde Expositionsdauer. Diese Platten enthalten sämtliche Sterne, die heller sind als die 15. Grössenklasse. Endlich sind zwei ähnliche Reihen von photographischen Aufnahmen der Spektra der Sterne derselben Region erhalten worden mit Expositionen von 10 Minuten und einer Stunde Dauer. Im allgemeinen also sind alle hellere Sterne mindestens achtmal photographisch aufgenommen worden. Ausserdem wurden ausgezeichnete Bilder von bemerkenswerten Objekten des südlichen Himmels erhalten, z. B. von dem Nebel um η Argus, dem sogenannten Trifid-Nebel und dem Nebel Generalkatalog Nr. 6533. Diese Aufnahmen erstrecken sich über 90′, 20′ und 40′ im Durchmesser. Die Sternhaufen ω Centauri, ξ Doradûs und π Crucis sind schön dargestellt, ausser ihnen eine grosse

Anzahl kleiner Sternhaufen. Zahlreiche Objekte mit eigenartigen Spektren wurden entdeckt.

Durch die zeitweise Entfernung des Bach-Teleskops wurden verschiedene Arbeiten, für welche das Instrument besonders bestimmt ist, naturgemäs unterbrochen. Deshalb spendete Madame Draper die Mittel zu einem zweiten Instrument von nahezu der gleichen Grösse. Dasselbe ist bereits seit dem 27. September 1889 während jeder klaren Nacht in Thätigkeit. Die damit erhaltenen Photographien belaufen sich auf 713. Eine der Arbeiten, welche mit Hülfe dieses Instrumentes ausgeführt werden sollen, ist die Herstellung von Karten des Himmels nördlich von 25° südlicher Deklination mit Expositionsdauer von 10 Minuten. Damit wird die in Peru begonnene Aufnahme für den ganzen Himmel vollendet sein. Eine photographische Sternkarte wird auf diese Weise erhalten werden, nahezu in dem Massstabe des Argelander'schen Atlas, aber natürlich sehr viele schwächere Sterne umfassend. In klaren Nächten wurden auch photographische Aufnahmen von Sternen bei der oberen und bei der unteren Kulmination gemacht, um die atmosphärische Absorption zu bestimmen, gemäss einem Plane, der bereits vor drei Jahren hier gefasst worden. Daneben sind auch Aufnahmen mit einstündiger Exposition von solchen Gegenden des Himmels gemacht worden, in welchen sich veränderliche Sterne befinden. Indem über dem Objektivglase ein Prisma von 8 Zoll im Geviert, und einem brechenden Winkel von 5° angebracht worden, konnten Spektra erhalten werden von ungefähr einem Drittel der Länge derjenigen mit dem Bach-Teleskop, und da das Licht auf einer kleinen Fläche konzentriert wird, erhielt man auch die Spektren von sehr schwachen Sternen, Spektra, die ausreichen, um den Typus zu erkennen, dem sie angehören. Beispielsweise sind nunmehr auch die Spektra von Sternen des vierten Typus photographiert worden, obgleich die betreffenden Sterne so rot erscheinen, dass bis dahin befriedigende Photographien derselben nicht erhalten wurden. Ihre photographischen Spektra sind ebenso charakteristisch, wie ihre sichtbaren. Es wurden ebenfalls Photographien von helleren Veränderlichen langer Periode nahe dem Maximum erhalten, und es ergiebt sich hieraus, dass die Spektra von o Ceti, R Hydrae, R Leonis, V Orionis und R Cassiopejae identisch sind, andere Veränderliche der nämliche Klasse des Lichtwechsels, wie R Crateris und V Hydrae, gehören dagegen dem vierten Spektraltypus an. Es ist bemerkenswert, dass alle Veränderliche der Algolklasse Spektra zeigen, welche dem ersten Typus zuzuzählen sind, vielleicht mit Ausnahme von R Canis majoris, welcher möglicherweise zum zweiten Typus gehört. Eine andere Klasse von Spektra, welche untersucht wurden, sind diejenigen der planetarischen Nebelflecke. Von ihnen wurden aufgenommen die Nebel N. G. K. 1535, 2440, 3242, 7009, 7027 und 7662, obgleich diese Objekte so schwaches

blaues Licht ausstrahlen, dass sie nicht leicht photographisch wahrgenommen werden können. Der Vergleich ihrer Spektra mit denjenigen der Sterne, welche helle Spektrallinien zeigen, lehrt, dass beide Klassen von Himmelskörpern eng miteinander verwandt sein müssen. Es dürfte sich eignen, diese Spektra als solche vom fünften Typus zu bezeichnen, um die Secchi'sche Klassifikation nach dieser Richtung auszudehnen. Mit dem 8-zolligen Teleskop wurden viele Objekte gefunden, welche eigenartige Spektra zeigen; folgende Sterne gehören zum fünften Typus und bestehen hauptsächlich aus hellen Linien: A. G. C. 14626, 14684, 15220, 17840 (ϑ Muscae), 22748, 22763, 22843, 23072, 23073 und 23416. Die Wasserstofflinie F zeigte sich hell im Spektrum von δ und μ Centauri. Die helle Linie in ϑ Muscae wurde zuerst auch für F gehalten, aber eine scharfe Prüfung ergab, dass ihre Wellenlänge etwas geringer ist, und dieser Stern, wie oben erwähnt, zum fünften Typus gehört. Die Sterne A. G. C. 23935, 29232 und 29252, sowie der Stern der Bonner Durchmusterung + 14° 2048 haben Spektra vom vierten Typus; der letztgenannte Stern zeigt den blauen Teil seines Spektrums ungewöhnlich hell und eine Bande darin, welche noch bei keinem anderen Sterne des vierten Typus bis jetzt photographiert worden ist. Ein Stern, dessen Position für 1875 ist: Rektasz. $12^h\ 18.0^m$ Dekl. — 48° 13′, hat ein Spektrum des vierten Typus und ist 6. Grösse. Sein Fehlen im Cordoba-Kataloge scheint anzudeuten, dass er zu den Veränderlichen gehört. Ungefähr 50 Sterne vom dritten Typus wurden entdeckt, darunter die Sterne der Bonner Durchmusterung — 23° 652 und — 2° 3653, welche das gleiche Spektrum wie die Veränderlichen von langer Periode haben, in denen aber die hellen Wasserstofflinien fehlen. Ein Stern (1875 Rektasz. $4^h\ 36.2^m$ Dekl. — 38° 29), der im Oktober 1889 7. Grösse war, gab ein Spektrum ähnlich dem der Veränderlichen von langer Periode; die Untersuchung zeigte, dass er im Februar 1890 nur 10. Grösse war, also wirklich veränderlich. So kann das Spektrum allein zur Auffindung eines Veränderlichen führen.

Das Studium der Spektra der helleren Sterne am 11-zolligen Teleskop ist nahezu vollendet; fast alle zu Cambridge sichtbaren Sterne sind photographiert worden unter Anwendung von einem bis vier Prismen, je nach der Helligkeit des Sternes. Die Klasse der seltenen Spektra, in welcher die Wasserstofflinie F hell erscheint, wurde vermehrt durch folgende Sterne: π Aquarii, ψ Persei, Pleione (—B. D. + 23° 558), und vielleicht auch ω Draconis und β Lyrae. Das Spektrum der Pleione ist bemerkenswert durch seine Ähnlichkeit mit demjenigen von P Cygni, welcher letztere Stern im Jahre 1600 hell erschien, aber in den letzten 300 Jahren verhältnismässig schwach ist. Eine ähnliche Lichtänderung der Pleione mag die Legende von der verlorenen Plejade erklären. Das wichtigste Unternehmen, zu welchen das erwähnte Teleskop

benutzt worden, ist die Untersuchung der Sternspektra, in welchem die Linie K doppelt erscheint. Bei ζ Ursae majoris stellt sich diese Verdoppelung in 52 tägigen Zwischenzeiten ein, und die Erklärung dieser Erscheinung ergab sich durch die Voraussetzung, dass derselbe ein äusserst enger Doppelstern ist [1]). Das Spektrum von β Aurigae zeigt eine ähnliche Eigentümlichkeit. Die grösste Trennung der beiden Linien zeigt eine relative Geschwindigkeit von 150 Meilen in der Sekunde an, und die Trennung der Linie erfolgt in schneller Wiederkehr, so dass eine Periode von vier Tagen und eine kreisförmige Bahn sich ergaben. Der Abstand der beiden Komponenten von β Aurigae beträgt hiernach acht Millionen englische Meilen, und die Gesamtmasse 2.3 Sonnenmassen. Nimmt man an, dass die Parallaxe dieses Sterns 0.05″ beträgt, so würde die grösste scheinbare Distanz der beiden Komponenten von der Erde aus gesehen 0.004″ nicht übersteigen. Da die Trennung der Spektrallinien K 20″ beträgt, so kann in diesem Falle die Wirkung des Prismas betrachtet werden, als wenn die Vergrösserung des Fernrohres auf das 5000 fache gesteigert wäre. Die Veränderung der Trennung jener Linie im Spektrum erfolgt so rasch, dass sie sogar an Photographien, die an demselben Abende nach einander erhalten wurden, merkbar wird.

Was den allgemeinen Charakter der Sternspektren anbetrifft, so kann man nach den Untersuchungen in Cambridge annehmen, dass das einfache typische Spektrum aus einem kontinuierlichen Hintergrunde besteht, welcher von einer Anzahl breiter Banden durchschnitten wird, die wahrscheinlich alle dem Wasserstoff angehören. Dieses einfachste Spektrum wird in zwei Weisen modifiziert, einmal durch hinzukommende (additional) Linien, wie wir sie in den Spektren mancher Sterne des Orion und grossen Hundes sehen, und dann durch Linien, welche im Sonnenspektrum auftreten. Alle diese Spektra kann man näherungsweise in eine Reihe gruppieren. An dem einen Ende derselben stehen Sterne wie ε Orionis, deren additionale Linien fast so intensiv sind wie diejenigen des Wasserstoffs. Dann folgen Spektra, in welchen diese Linien zunehmend schwächer werden bis zu demjenigen von β Persei, in welchem sie beinahe verschwunden sind. Einige Sonnenlinien werden dann sichtbar, und sie treten immer stärker hervor, bis das Spektrum den Charakter des zweiten Typus gewinnt (nach Secchi's Klassifikation), während die erstgenannten Spektra zum ersten Typus zählen. Werden jetzt die Linien mehr und mehr intensiv, so geht das Spektrum allmählich in den dritten Typus über. Bei Sternen, wie α Tauri und α Orionis, tritt eine Differenz in dem gewöhnlichen photographischen Spektrum nicht hervor, obgleich der erste Stern dem zweiten, und der andere dem dritten Typus angehört. Wäre der Unterschied im

[1]) Vergl. oben p. 65.

sichtbaren Spektrum nicht grösser als beim photographischen, so würden beide Sterne nicht zu verschiedenen Typen gezählt werden. Bei Anwendung von Erythrosin erschienen die charakteristischen Streifen im grünen und gelben Teile des Spektrums sehr deutlich. In dem Masse als die Spektralreihe fortschreitet, treten die Unterschiede mehr und mehr hervor bis zu Sternen von dem Spektrum α Herculis. Schliesslich haben wir im o Ceti noch ein ähnliches Spektrum mit Hinzutreten gewisser heller Wasserstofflinien. So wird es offenbar, dass ungefähr alle Sterne mit ihren Spektren in einer Reihe untergebracht werden können, in welcher die nebeneinander liegenden Spektra kaum voneinander verschieden sind. Die übrig bleibenden Sterne sind diejenigen des vierten Typus mit hellen Linien und die planetarischen Nebel. Die Sterne dieses Typus haben keinerlei Ähnlichkeit mit dem einen oder anderen Typus, noch kann irgend eine Verbindung ihrer Spektra mit der ganzen Reihe hergestellt werden. Das Gleiche gilt von den Sternen mit Spektren aus hellen Linien und den planetarischen Nebeln, welche den oben sogenannten fünften Typus bilden; man darf dieselben durchaus nicht zusammen werfen mit Sternen wie γ Cassiopejae, in welchen die Wasserstofflinien hell und schmal sind. Diese letzteren stehen wahrscheinlich an dem anderen Ende der obigen Reihe von Spektren, welche mit denjenigen des ersten Typus beginnt.

Die Spektra gewähren ein ausgezeichnetes Mittel, um die Energie der verschiedenen Wellenlängen bei Sternen von verschiedenem Typus zu studieren. Befriedigende Messungen zu diesem Zwecke sind bereits angestellt worden, und es steht zu hoffen, dass es möglich sein wird, sie auf absolutes Mass zu reduzieren durch Vergleich mit den Resultaten, welche mittels des Bolometers für die Verteilung der Energie im Sonnenspektrum erhalten worden sind.

Nebelflecke. Die Entdeckung neuer Nebelflecke nimmt noch immer ihren Fortgang, und es scheint, dass die Anzahl dieser Objekte, welche unseren mächtigsten Teleskopen erreichbar ist, weit grösser ist, als man vielfach vermutet hat. Auch auf diesem Gebiete ist die Photographie hülfreich eingetreten, ja sie hat die direkte Beobachtung weit überholt. Die Photographie der Plejadengruppe durch die Gebrüder Henry und der dadurch gelieferte Nachweis von nebliger Materie in verschiedenen Teilen dieser Gruppe hat zuerst die Überlegenheit der Photographie auf diesem Felde unzweifelhaft erwiesen. Dann kamen die Aufnahmen von Isaak Roberts, welche im Andromedanebel eine völlig ungeahnte ringförmige Struktur enthüllten [1]). Derselbe Amateur-Astronom hat noch eine Anzahl anderer Nebelflecke photographiert und jüngst die Methode der sogenannten photo-

---

[1]) Revue der Naturwissenschaften **17.** p. 352.

graphischen Analysen gewisser Nebelflecke eingeführt [1]). Er versteht darunter das vergleichende Studium von photographischen Aufnahmen eines und desselben Nebels bei Expositionen, die zwischen fünf Sekunden und 205 Minuten variieren. Das Studium der Sichtbarkeit der nebeligen Materie auf den erhaltenen Platten gestattet Schlüsse über die relative aktinische Lichtintensität in verschiedenen Teilen eines solchen Nebels und lässt besser und klarer die wahre Struktur dieser Objekte erkennen.

So hat I. Roberts u. a. am 16. Februar 1889 fünf Aufnahmen des grossen Orionnebels ausgeführt mit Expositionen von 5, 30, 60, 180 und 360 Sekunden. Die vier Sterne, welche das Trapez bilden, erscheinen schon bei fünf Sekunden Expositionsdauer, sie nehmen bei längerer Dauer an scheinbarem Durchmesser zu und bilden, endlich nach 360 Sekunden Exposition ein einziges Ganzes mit unregelmässigen Umrissen. Die Nebulosität um das Trapez herum beginnt bei 60 Sekunden Expositionsdauer sichtbar zu werden, und bei einer solchen von 360 Sekunden ist sie völlig entwickelt, und zeigt die charakteristischen Formen. Der Vergleich dieser Aufnahme mit der Zeichnung des Orionnebels, welche Lord Rosse an seinem grossen Spiegelteleskop erhalten hat, zeigt in vielen Punkten Ähnlichkeit, sowohl in den Umrissen, als in der Verteilung der Nebelmaterie, und es wird offenbar, dass Lord Rosse sehr grosse Sorgfalt auf die Zeichnung des Nebels verwendet hat, zu welcher Arbeit, nach seinen eigenen Angaben, jede brauchbare Stunde in den Wintermonaten von sieben Jahren verwendet wurde. Werden die Platten 15 Minuten oder noch länger exponiert, so verschwindet die erwähnte Ähnlichkeit wieder mehr oder weniger in der wachsenden Intensität, welche die Nebelmaterie dann zeigt. Eine Aufnahme am 4. Februar 1889 mit einer Expositionsdauer von 205 Minuten zeigte zur Evidenz, dass der grosse Orionnebel mit mehreren benachbarten Nebelflecken (1180 und 1185 des Herschel'schen Generalkataloges) zusammenhängt, und das Ganze eine einzige ungeheure Nebelmasse bildet. Diese Verbindung zeigt sich auch auf anderen Aufnahmen, am 22. Januar und 3. Februar 1889, nach Expositionen von 2 und $2^1/_2$ Stunden. Bei noch längerer Exponierung würde die Verbindung dieser Nebel unter sich vielleicht noch weiter ausgedehnt erscheinen, und Roberts wird, sobald die Stellung des Orion und die Witterung es gestatten, derartige Aufnahmen versuchen.

Andererseits sind auf der Sternwarte zu Cambridge (U. A.) systematische Versuche zur Entdeckung neuer, sehr lichtschwacher Nebel mit Hülfe der Photographie gemacht worden [2]). Dieselben sollen über den ganzen Himmel ausgedehnt werden. Die ersten Versuche reichen bis zum Februar und März 1888 hinauf. Es

---

[1]) Monthly Notices **49.** No. 5 p. 295. [2]) Annals of the Harvard College Observatory **18.** No. 5.

wurde bei denselben beabsichtigt, auf einem gegebenen Teile des Himmels die in der Photographie enthaltenen Nebel mit den bekannten und in den Katalogen verzeichneten zu vergleichen. Die gewählte Fläche des Himmels erstreckt sich von $5^h\ 10^m$ bis $5^h\ 50^m$ in Rektaszension und von -10^0 bis $+5^0$ in Deklination. Der grosse Orionnebel befindet sich nahezu in der Mitte derselben. Die genaue und wiederholte Untersuchung der Platten ergab folgendes. Es sind auf obiger Fläche 27 Nebel photographiert, in Dreyer's Katalog finden sich nur 18, von denen 14 auf der Photographie enthalten sind, vier aber hier fehlen. Die in Rede stehende Fläche bedeckt 0,004 des ganzen Himmels, während Dreyer's Katalog 7840 Nebelflecke aufzählt. Wenn also das gleiche Verhältnis für den ganzen Himmel angenommen wird, so ist zu erwarten, dass mit Hülfe der Photographie wenigstens noch 4—5000 neue Nebel entdeckt werden können.

Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen am Himmel. Als Ergebnis einer statistischen Untersuchung sämtlicher, in Dreyer's allgemeinem Katalog erhaltenen Objekte dieser Art kommt Dr. Bauschinger zu folgenden Sätzen:

1) Die schwachen Nebel vermeiden die Milchstrasse; die grössten Anhäufungen derselben finden in der Nähe der Pole der Milchstrasse statt; von diesen Polen aus nimmt die Zahl der Nebel um so mehr ab, je näher man der Milchstrasse kommt. Ausserdem finden sich hiervon unabhängige Anhäufungen am südlichen Himmel in den Kapwolken und am nördlichen im Sternbilde der Andromeda.

2) Die hellen Nebel zeigen genau dasselbe Verhalten wie die schwachen, womit erwiesen ist, dass nicht die allgemeine Helligkeit der Milchstrasse allein der Grund für die charakterisierte Verteilung ist.

3) Die planetarischen Nebel liegen mit ganz wenigen Ausnahmen in und in der Nähe der Milchstrasse.

4) Die Sternhaufen liegen, vereinzelte Objekte und die Gegend der beiden Kapwolken ausgenommen, sämtlich in der Milchstrasse oder in der Nähe derselben [1]).

Über den Nebel in der Andromeda bemerkt Close in einer Zuschrift an die Herausgeber des Observatory, dass man die Aufhellung der wahren Struktur dieses Nebels allgemein der berühmten Photographie desselben von Roberts zuschreibe [2]). In der That findet sich in den Zeichnungen von Bond, Trouvelot und Secchi keine Spur der spiralförmigen Struktur. Dagegen zeige die Abbildung im 1. Bande von Arago's populärer Astronomie, Fig. 114, den besagten Nebel als zusammengesetzt aus konzen-

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 1889. Jahrg 24. p. 45.

[2]) Man sehe dieselbe Sirius 1889, Tafel III und den dazu gehörigen Text p. 49 u. ff.

trischen, elliptischen Schichten, analog wie in Roberts Photographie. Die Zeichnung in J. Herschel's Outlines of Astronomy, Tafel II, stimme mit Arago überein, nur dass die konzentrische Struktur dort nicht so hervortretend sei. Sie ist nach einem „flüchtigen Entwurf,“ wahrscheinlich von Herschel selbst. Was die Sache noch bemerkenswerter mache, sei der Umstand, dass J. Herschel auf den Unterschied zwischen seiner und Bond's Zeichnung aufmerksam gewesen sei. Die Sache scheine eine Untersuchung zu verdienen. Soweit Close. Uns scheint die ganze Hervorhebung höchst überflüssig und nur geeignet, klare Thatsachen zu verwirren. Die Zeichnung in Arago's Astronomie ist von einem Kupferstecher gemacht, der nichts von der Sache verstand, sie ist ein Monstrum, das jedem, der den Nebel selbst gesehen hat, höchst abgeschmackt vorkommen muss. Wenn Close auf die Abbildungen bei Arago so grosses Gewicht legt, so ist es schade, dass er versäumt hat, die der genannten gerade folgende Darstellung des grossen Nebels im Orion anzusehen. Er würde dann daraus den Schluss haben ziehen können, dieser Nebel habe sich in höchst wunderbarer und unbegreiflicher Weise heute in sein Spiegelbild von damals, als die Figur gezeichnet wurde, verkehrt. Denn jene Abbildung giebt in der That das Spiegelbild des wirklichen Nebels. Natürlich handelt es sich auch hier nur um Flüchtigkeit und Unwissenheit des Zeichners und Oberflächlichkeit Aragos, der eine solche Abbildung unbesehen guthiess. Was die Nebelzeichnungen der beiden Herschel anbelangt, so sind dieselben, wie heute wohl bekannt ist, höchst oberflächlich und nicht charakteristisch. Das Sir John Herschel den Unterschied zwischen seiner und Bond's Zeichnung erkannte, ist nicht zu bezweifeln, er war aber verständig genug, einzusehen, dass seine oberflächliche Skizze neben der an weit besseren Instrumenten erhaltenen sorgsamen Zeichnung Bond's keinen Anspruch auf sonderliche Beachtung erhalten konnte. Die beiden Herschel waren sicherlich grosse Astronomen, aber ebenso sehr mittelmässige Zeichner.

Bezüglich des Andromedanebels kann niemand Roberts den Ruhm streitig machen, mittels der Photographie die Struktur des Nebels zum ersten Male enthüllt zu haben.

Geophysik.

Das Zeitalter der grossen, überraschenden Entdeckungen auf der Erdoberfläche ist ein für allemal abgeschlossen, nur in den Polargegenden sind noch Räume vorhanden, deren Durchquerung und Oberflächenbeschreibung der Geographie, der allgemeinen Erdbeschreibung, weiteren, wesentlichen Zuwachs in Aussicht stellt. Dafür tritt jetzt mehr und mehr diejenige Seite der Erdkunde in den Vordergrund, welche nicht lediglich beschreibend verfährt, sondern das Verständnis der Art und Weise des Werdens, den Verlauf der Gestaltungsprozesse und die Gesetze, welche dabei gültig sind, zu erforschen bestrebt ist, und welche die Erdkunde recht eigentlich erst zu einer wahrhaft wissenschaftlichen Disziplin erhebt, nämlich die Geophysik. Sie beschäftigt sich mit Gestalt und Dichte der Erde, mit ihren Wärmeverhältnissen im Innern und an der Oberfläche, in ihr Gebiet fallen alle Erscheinungen, welche der Erdmagnetismus darbietet, und die ganze Meteorologie. Die Betrachtung des orographischen Baues der Erdoberfläche, die Ozeanographie, wie die Bodenplastik des Festlandes und die Wechselbeziehungen zwischen Land, Wasser und Luft bilden ebenfalls einen wichtigen Teil der Geophysik. Ihre Begrenzung gegen die Geologie hin ist nicht scharf zu ziehen, am sichersten noch, wenn man festhält, dass es die Architektonik des Erdantlitzes ist, womit sich die wissenschaftliche Erdkunde zu beschäftigen hat, und dass sie die Kräfte, welche dieses Antlitz altern machen, nur in dieser Beziehung und auf diese Wirkung hin in Betracht zieht.

Von diesen Gesichtspunkten aus betrachten wir die Fortschritte der Geophysik in der Reihenfolge, dass zunächst der neueren Arbeiten über Gestalt und Dichte der Erde, Pendelbeobachtungen und Ortsbestimmungen gedacht wird, daran schliessen sich die erdmagnetischen Untersuchungen, die Studien über Erd- und Bodentemperatur, hierauf folgen die vulkanischen Erscheinungen, die Arbeiten über Erdbeben, Hebungen und Senkungen, Gebirgs- und Thalbildungen. Weiter fortschreitend wenden wir uns zur Ozeanographie, zu den Arbeiten über Seen und Flüsse, zu den Quellen und den Untersuchungen über Grundwasser, dann

zu den Glacialerscheinungen und der Frage über Eiszeit und Kälteperioden. Hierauf werden die Forschungen über die Atmosphäre im allgemeinen zur Darstellung gelangen, dieser folgen die Untersuchungen über Temperatur, Luftdruck und die Hydrometeore, daran schliessen sich die Arbeiten über die Luftströmungen, die atmosphärische Elektrizität und alles, was zur meteorologischen Optik gehört, den Schluss endlich bildet ein Blick auf die Arbeiten klimatologischen Inhalts. Selbstredend können nur die wichtigeren Arbeiten auf diesem ungeheuren Gebiete zur Sprache kommen und auch diese nur insoweit, als sie zur Zeit ein allgemeineres Interesse beanspruchen können.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Erddimensionen. Eine neue Berechnung der mittleren Erddimensionen auf Grund der russisch-skandinavischen Gradmessung hat A. Bonsdorff geliefert[1]. Er findet als wahrscheinlichste Werte in Toisen:

Radius des Äquators . .	3272563.4 ± 59.8
„ „ Poles . . .	3261603.4 ± 286.7
Abplattung	1:298.6 ± 7.8

Die auch anderweitig gefundene Vergrösserung der beiden Radien im Vergleich zu der älteren Bessel'schen Berechnung tritt in dieser neuen Bestimmung scharf hervor, ebenso die Vergrösserung der Abplattung. Indessen hat aber auch die Bonsdorff'sche Berechnung nur einen provisorischen Charakter, da sie auf der russisch-skandinavischen Triangulation allein beruht.

Kleine Bewegungen der Erdaxe. Die schon seit einiger Zeit sehr wahrscheinlich gewordene Existenz kleiner Bewegungen der Erdaxe sind nunmehr sicher nachgewiesen, und zwar in relativ erheblichen Änderungen der geographischen Breiten mehrerer Städte in der letzten Hälfte des Jahres 1889. Professor Helmert, Direktor des Centralbureaus der internationalen Erdmessung, hatte schon 1888 berichtet, dass auf den Sternwarten in Potsdam, Berlin, Prag und Strassburg Beobachtungen zu dem erwähnten Zwecke angestellt wurden. Die neueste Veröffentlichung desselben[2] lässt über den Erfolg keinen Zweifel. Es heisst in derselben: „Nachdem im ersten Halbjahre (1889) die geographische Breite in Berlin und Potsdam keine mit Sicherheit zu erkennende Änderung gezeigt hatte, trat im dritten Viertel des Jahres erst ein Wachstum, dann eine Abnahme der Breite ein, die im Januar (1890) ihr Ende erreicht hat. Berlin und Potsdam geben, wie aus der von Prof. Albrecht durchgeführten

[1] Sapiski, Milit.-Topogr. Abteilg. d. Russ. Generalstabs **42.** Sekt. II.
[2] Astr. Nachr. Nr. 2883.

Bearbeitung hervorgeht, übereinstimmend eine Gesamtabnahme von 0.5″ — 0.6″, welche von den Prager und Strassburger Beobachtungen bestätigt wird. Bei den drei erstgenannten Stationen ist an der Realität der Erscheinung nicht zu zweifeln, da die Unsicherheit kein Zehntel der Sekunde erreicht; weniger von Gewicht ist das Strassburger Ergebnis. Da aber wenigstens an drei Orten, von denen der eine um 2° südlicher als die beiden anderen liegt, mit sehr verschiedenen Instrumenten die gleiche Wahrnehmung mit Sicherheit gemacht ist, so kann man behufs ihrer Erklärung kaum noch seine Zuflucht zu Beobachtungs- und Instrumentalfehlern oder zu Refraktionswirkungen nehmen". Die Beobachtungen werden noch fortgesetzt. Über die Ursachen der nunmehr nachgewiesenen Schwankungen der geographischen Breiten lassen sich zur Zeit nur Vermutungen aufstellen. Möglicherweise sind dieselben, wie Dr. Küstner meint, in den gewaltigen, der Energie der Sonne entstammenden Vorgängen innerhalb der Lufthülle und des Wasserozeans unserer Erde zu suchen. Die höhere Mechanik zeigt, dass infolge der unaufhörlichen und im einzelnen unregelmässigen Massenverschiebungen auf der Erde, auch selbst dann, wenn man keine Veränderungen des unbekannten Erdinnern annimmt, doch der Erdkörper gegen die Rotationsaxe, während diese selbst im Raum ihre Richtung nahezu unverändert beibehält, Schwankungen unregelmässiger Art ausführen muss. Nur über die Grösse dieser letzteren gingen die Meinungen noch auseinander. Dass sie wirklich durch Beobachtungen nachweisbar sind, ist also jetzt ausser Zweifel.

Der Einfluss grosser Massenverschiebungen auf die Lage der Erdpole ist von Schiaparelli untersucht worden[1]). Er findet, dass, wenn die Erde vollkommen starr wäre, der Pol der Trägheitsaxe nur geringe Verschiebungen erleiden könnte, selbst dann, wenn man sehr viel gewaltigere Veränderungen der Erdrinde annimmt, als wozu die Erfahrungen berechtigen. Ist die Erde dagegen flüssig, oder vielmehr befindet sie sich in einem Zustande, sich unmittelbar anzupassen, so würden die bekannten geologischen Umänderungen immerhin ausreichen, um den Polen beträchtliche, unregelmässige Bewegungen zu erteilen. Diese Bewegungen aber würden fortfahren, ihre Wirkungen auszuüben, selbst wenn die Ursachen längst verschwunden wären. Nimmt man dagegen eine gewisse relative Plastizität, eine verzögerte Anpassung der Erdform an, so gelangt Schiaparelli zu einer Konstante, welche die Grenze der möglichen Verschiebung zwischen dem Pol des natürlichen Gleichgewichts und dem Umdrehungspol ausdrückt, eine Grenze, die, sobald sie einmal erreicht ist, zu einem plötzlichen, neuen Gleichgewichtszustande führt. Die Be-

[1]) Bullet. astronomique 1889. **6.** p. 489.

ständigkeit der geographischen Erdpole ist nach Schiaparelli's Ansicht für die moderne Zeit nicht erwiesen, viel weniger noch für die früheren Perioden der Erde. Geologische Umgestaltungen können starke Bewegungen des Rotationspoles erzeugen. Die Spannungen aber, welche durch den Widerstand des Sphäroids gegen die Anpassung an die neuen Verhältnisse entstehen, würden, wie Schiaparelli glaubt, ausreichen, die meisten geologischen Ereignisse, die wir kennen, zu erklären.

Die Ermittelung der genauen Gestalt der Meeresoberfläche ist eine Aufgabe, deren vollständige Lösung noch geraume Zeit auf sich warten lassen wird, wenn sie überhaupt jemals gelingt. In dieser Beziehung ist die kritische Darstellung von R. S. Woodward von grossem Interesse[1]). Er bemerkt, dass der Meeresspiegel nur wenig von der Gestalt eines an den Polen abgeflachten Sphäroids abweicht, dessen grosse Axe 20926000 engl. Fuss und dessen kleine Axe 20855000 engl. Fuss beträgt. Dieser Rotationskörper wird das Referenzellipsoid genannt, und seine kleine Axe fällt mit der Umdrehungsaxe der Erde zusammen. Die wirkliche Meeresoberfläche, das Geoid, liegt nun teils etwas über, teils etwas unter der Oberfläche jenes Referenzellipsoids, und diese Abweichungen oder Ausbiegungen sind nur gering, aber im einzelnen unbekannt. Sie zu bestimmen, ist die nächste Aufgabe der höheren Geodäsie, und durch Ermittelung derselben würde man eine zweite Annäherung an die Kenntnis der Gestalt der Erde erhalten. Für die meisten wissenschaftlichen Untersuchungen genügt indessen schon unsere Kenntnis der Grösse und Gestalt des Referenzellipsoids. Indessen hat die Geodäsie bereits einen so hohen Grad der Vollkommenheit erreicht, dass die Abweichungen, welche nun in mehreren ihrer Operationen zu Tage kommen, zum grossen Teil, wenn nicht hauptsächlich den Fehlern der Theorie zugeschrieben werden müssen. Diese Abweichungen müssen erklärt werden, bevor ein wesentlicher Fortschritt in unserer Kenntnis von der Gestalt der Erde mittels der jetzigen Untersuchungsmethoden erwartet werden kann. Ihre wahre Erklärung steht offenbar in inniger Beziehung zur Gestalt des Geoids, und deshalb ist mehr in dem Studium der Gestalt, als in der Bestimmung der Dimensionen des Geoids der weitere Fortschritt der Geodäsie zu suchen. Andererseits hat die Geologie verschiedene Fragen gestellt nicht allein in Bezug auf die Form, Lage und Beständigkeit des eigentlichen Geoids, sondern auch betreff der mit demselben verbundenen äquipotentiellen Oberflächen der isolierten Wassermassen bei höherem und niedrigerem Spiegel. Es wurde z. B. in geologischen Untersuchungen gefunden, dass die Küstenlinien entschwundener Meere nicht immer zu-

---

[1]) Bulletin of the United States Geological Survey, No. 48.

sammenfallen mit den jetzigen Niveaulinien, sondern dieselben oft unter bestimmten Winkeln schneiden, oder dass die Wasserniveaulinien, welche auf Inseln von solchen entschwundenen Seen gezeichnet worden, in der Höhe verschieden sind von den gleichzeitigen Linien, die an ihren entlegenen Küsten gezeichnet wurden. Abgesehen von den Änderungen, welche in diesen Fällen herrühren können von Senkungen und Hebungen, kann die Frage aufgeworfen werden, ob solche Neigungen oder Unterschiede in der relativen Höhe gegen die jetzigen Niveaulinien nicht veranlasst sein mögen durch benachbarte, anziehende Massen, welche seitdem verschwunden sind, ähnlich den Eismassen der Eiszeit, oder in einem Seebecken durch die Anwesenheit des Wassers selbst. Die vollständige Beantwortung solcher Fragen erfordert aber die Kenntnis des gegenwärtigen Geoids und der Ursachen, welche säkulare Änderungen in seiner Gestalt und Lage hervorgebracht haben könnten.

Lotabweichungen und Schwerebestimmungen. In der Nähe des Hauptpunktes der deutschen Generalstabskarte, Rauenberg, etwa 8 *km* südlich von Berlin, sind in den Jahren 1886 und 1887 auf Veranlassung des geodätischen Instituts Untersuchungen über Lotabweichungen angestellt worden, die zu interessanten Ergebnissen führten[1]). Es fand sich nämlich unter gewissen Annahmen für die Lotabweichung auf Rauenberg selbst, dass dort ein Störungsgebiet liegt, welches auf Massendefekte im Erdinnern deutet, und dessen wahrscheinlichste Lage nicht weit östlich vom Müggelsberg anzunehmen ist. Man braucht zur Erklärung nicht gerade an grosse Hohlräume im Innern der Erde zu denken, vielmehr würde zu diesem Zwecke schon die Annahme genügen, dass die Sperenberger Salzlager sich in einem grossen Bogen nach Osten hinziehen, was ja schon durch die in den letzten Jahren in der Umgebung von Berlin erschlossenen Salzquellen wahrscheinlich gemacht ist. Ferner ergab sich, dass die mathematische Figur des Rotationsellipsoids der Erde von der dem wirklichen Zustande entsprechenden mathematischen Fläche des Geoids in dem untersuchten Gebiete nur um höchst unbedeutende, völlig zu vernachlässigende Beträge abweichen kann.

Höchst genaue und wichtige Untersuchungen über Lokalattraktion und Schwerebestimmungen wurden seitens des österreichischen militärisch-geographischen Instituts unter Leitung von Oberstlieutenant v. Sterneck seit mehreren Jahren ausgeführt[2]). Von besonderem Interesse sind die Untersuchungen über den Unterschied der Schwere auf der Erdoberfläche und in ver-

[1]) Veröffentlichungen des Kgl. geodätischen Instituts, Berlin 1889.

[2]) Vergl. Mitteilungen des k. k. militär-geographischen Instituts, Bd. VIII, S. 69 u. ff. und IX, S. 47 u. ff. Wien 1888.

schiedenen Tiefen unter derselben. Im ganzen sind Untersuchungen dieser Art bisher nur (1854) von Airy im Schachte Harton des Kohlenreviers Durham (England), sowie (1883) durch v. Sterneck im Adalbertschacht des Silberbergwerks in Pribram, sowie von demselben (1885) im Abrahamschachte bei Freiberg in Sachsen angestellt worden. Sämtliche drei Beobachtungsreihen ergaben übereinstimmend, dass die Schwere im Innern der Erde grösser ist, als an der Oberfläche; doch ist die Zunahme an allen drei Orten sehr verschieden. In Harton nimmt sie bei 383 *m* Tiefe um ebensoviel zu, als in Pribram bei 623 *m* und in Freiberg bei etwas weniger als 400 *m*. Diese anfängliche Zunahme der Schwere (die bei zunehmender Tiefe natürlich wieder in Abnahme übergehen muss) könnte man nach v. Sterneck dadurch erklären, dass wir uns gewissermassen „mit der Tiefe den dichteren Schichten in grösserem Masse nähern, als die Masse der von unserem jeweiligen Standpunkte begrenzten Kugel ihrer grösseren Dichtigkeit wegen abnimmt“. Auch das ist merkwürdig, dass die Schwerezunahme in den obigen Beispielen ziemlich der Temperaturzunahme parallel geht, ein Ergebnis welches aber zunächst nur den Wert eines zufälligen Parallelismus beanspruchen kann. Im allgemeinen ergaben die Untersuchungen über die Schwere auf der Erde nach v. Sterneck folgende Resultate: 1. Es giebt Gegenden mit ganz abnormalen Verhältnissen (z. B. Kronstadt), so dass selbst Fälle vorkommen, dass die Schwere auf höheren Punkten grösser ist, als auf den tieferen. 2. Die oberirdischen Beobachtungen in Krasnáhera zeigen, dass bei plateauartigen Erhebungen bloss die Höhe und nicht die Masse der Erhebung auf die Grösse und Schwere von Einfluss ist, und bestätigen somit die Ansicht von Faye und Ferrel. 3. Die unterirdischen Beobachtungen daselbst ergeben, dass die Schwere im Innern der Berge oder Plateaus mit der Tiefe um die Hälfte des Betrages zunimmt, um welchen sie sich bei gleicher Höhe in freier Luft ändern würde.

Bestimmungen der Schwere und Lotabweichung sind auch auf den Sandwich-Inseln im Auftrage der Hawai'schen Regierung mit den Instrumenten der amerikanischen Coast-Survey ausgeführt worden. Aus den vorläufigen Resultaten ergiebt sich, dass auf der Insel Maui eine Abweichung der Lotlinie von 29.4″ vorhanden ist[1]).

Einen neuen Versuch, auf Grund möglichst genauer Daten das Volum der Kontinente und Meere zu bestimmen, hat John Murray gemacht[2]). Er findet folgende wahrscheinlichste Werte:

---

[1]) Verhandlgn. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1889, Nr. 1, S. 403.
[2]) Journal Scot. geogr. Soc. 1888 Januar.

Land	Kubikinhalt in engl. Kubikmeilen höhere Schätzung	Kubikinhalt in engl. Kubikmeilen niedere Schätzung	Höchster Punkt des Landes engl. Fuss	Mittlere Höhe n. d. höh. Schätzung e. Fuss	Mittlere Höhe n. d. nied. Schätzung e. Fuss
Europa	652750	555610	18544	939	799
Asien	9887050	8568450	29002	3189	2764
Afrika	4246350	3658800	18800	2021	1741
Nordamerika	2725500	2328550	20000	1888	1613
Südamerika	2699900	2366500	22415	2078	1821
Australien	459350	396250	7176	805	694
Ostind. Inseln u. Polynesien	443650	380750	20073	2144	1841
West-Indien	16150	13900	10300	816	700
Madagascar	91950	80150	8887	2199	1917
Neu-Seeland	44500	38760	12400	2134	1859
Japan	38000	33010	14180	1420	1235
Formosa	9850	8610	12847	2341	2063
Sachalin	13450	12100	4000(?)	1667	1505
Grönland	556350	478350	11400	3212	2762
Nowaja Semlja	14400	13650	3204	2130	2019
Spitzbergen	6200	5410	4399	1057	921
Island	12200	10610	6408	1849	1612
Tasmanien	5600	4850	5069	1068	925
Sämtliche Kontinente	21293200	18954310	29002	2252	1947

Bezüglich der Meeresbecken kommt Murray zu dem Ergebnisse einer mittleren Tiefe des Ozeans von 2076 Faden (à 1.8288 *m*), also ungefähr 200 Faden mehr, als früher Krümmel bestimmte. In Anbetracht der grossen Unsicherheit der ganzen Bestimmung könnte man hierin eine bemerkenswerte Probe der Zuverlässigkeit der Angaben erblicken, allein man darf nicht vergessen, dass beide Bestimmungen wesentlich auf den nämlichen (spärlichen) Daten beruhen, und die Annäherung beider Ergebnisse hierauf zurückzuführen ist. Nach Murray's Schätzung befinden sich 0.42 des gesamten ozeanischen Volums zwischen dem Meeresspiegel und 1000 Faden Tiefe, 0.56 zwischen 1000 und 3000 Faden Tiefe, und 0.02 entsprechen den tieferen Regionen.

Penck macht einige Bemerkungen über die von Murray angewandte Berechnungsmethode[1]) und verweist auf die von ihm bereits früher vorgeschlagene und auch schon praktisch erprobte Konstruktion der hypsographischen Kurve[2]), obgleich dieser G. Ricchieri den Einwurf gemacht habe[3]), dass sie zuviel der Geschicklichkeit und dem freien Willen des Zeichners überlasse, und dafür ein anderes Verfahren vorschlägt, nach welchem das Land in Prismen zerlegt wird, deren Oberfläche gleiches Gefälle hat. Unseres Erachtens stehen aber die Fehler der angewandten Berechnungsmethode erheblich zurück gegen die fehlerhaften und lückenhaften Grundlagen in den Angaben der Höhen und Tiefen.

Die säkulare Abkühlung des Erdballs und die dadurch eintretende Volumverminderung bildet jedenfalls ein wichtiges

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1890, S. 154. [2]) Vgl. Zeitschrift f. wissenschaftl. Geographie, Bd. VII, S. 375 und Petermann's Mitteilungen 1888, S. 213. [3]) Annuario Istituto Cartografico Italiano 1889, p. 129.

Moment bei der Gebirgsbildung[1]), wenn auch die numerischen Berechnungen von Heim, Le Conte, Thomson, Darwin und Davison sehr zweifelhaft bleiben. Geologische Gegengründe haben in dieser Frage indessen nur wenig Gewicht, umsoweniger, als manche Geologen, wie z. B. Mellard Reade, statt der Kontraktion sogar eine Dilatation als Ursache der Faltenbildung einsetzen wollen[2]). Nach seiner Ansicht ist die durch das Aufsteigen der Isogeothermen bewirkte kritische Ausdehnung der Gesteinsmassen der Hauptfaktor der Gebirgsbildung. Man wird zugeben können, dass infolge starker, mehr lokaler Temperatursteigerung in gewissen Tiefen der Erdrinde erhebliche Ausdehnungen der betroffenen Gesteinsmassen eintreten, allein die gesamte Gebirgsbildung der Erdoberfläche auf diesen Umstand zurückführen zu wollen, ist doch mehr als gewagt.

Unter Voraussetzung der von W. Thomson behandelten säkulären Abkühlung der Erde und der von Darwin nachgewiesenen teilweisen Plastizität derselben hat Davison theoretisch die Spannungsverteilung untersucht, welche infolge der säkulären Abkühlung eintreten müsse[3]). Von der Annahme ausgehend, dass die Erde von einer glatten Kugelfläche begrenzt sei und aus einer sehr grossen Anzahl konzentrischer Schalen bestehe, von denen jede so dünn ist, dass der Wärmeverlust in ihr überall als gleichmässig betrachtet werden kann, findet er: dass die Geschwindigkeit, mit welcher jede Schale ihre Wärme abgiebt, bis zu einer bestimmten Tiefe unter der Erdoberfläche zunimmt, in welcher sie ein Maximum ist, dann nimmt sie bis zum Zentrum ab; die Tiefe der Fläche grösster Abkühlungsgeschwindigkeit nimmt kontinuierlich zu und ändert sich wie die Quadratwurzel der Zeit, welche seit dem Erstarren der Erde verstrichen ist. Faltung durch seitlichen Druck erfolgt nur bis zu einer bestimmten Tiefe unter der Erdoberfläche; in dieser Tiefe verschwindet sie, und geht man noch tiefer, so macht die Faltung einer Streckung durch seitliche Spannung Platz. Wird ein sehr langer Zeitraum (ca. 174 Millionen Jahre), als seit dem Erstarren der Erde verflossen, angenommen, so findet sich, dass in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche Faltung durch Seitendruck nahe der Erdoberfläche am grössten ist und sich, abnehmend, in einer Tiefe von etwa 5 engl. Meilen in Streckung durch Seitenspannung verwandelt. Diese letztere wächst bis zu einer Tiefe von etwa 72 engl. Meilen und nimmt von da bis zu 400 engl. Meilen Tiefe ab. Die Wirkung der Streckung und Faltung der Erdrinde muss natürlich eine erhebliche Wirkung auf die Gestaltung der Oberfläche ausüben. Unter der Voraussetzung, dass die Bildung der

---

[1]) Vergl. Vallée Poussin in Bull. de l'acad roy de Belgique 1888. [3]. 16. p. 718.

[2]) T M. Reade, the Origin of mountain ranges, London 1886.

[3]) Americ. Journal of Science 1888. [3]. 35. p 338

grossen kontinentalen Massen in die früheste Periode der Erdgeschichte hinaufreicht, folgert Davison, dass infolge des Druckes dieser kontinentalen Erhöhungen die Streckung unter ihr viel geringer gewesen sein müsse, als unter den ozeanischen Becken. „Deshalb muss die Streckung der Rinde durch seitliche Spannung vorzugsweise stattgefunden haben unter den Meeresbecken, wodurch dieselben vertieft und in ihrem Charakter gesteigert worden sind. Und indem sie zu dem kontinuierlichen Sinken des Meeresgrundes führte, ist sie offenbar auch eine physikalische Ursache der allgemeinen Permanenz der Meeresgebiete; eine Ursache freilich, die von der Oberfläche stetig weiter zurückweicht und an Intensität abnimmt mit wachsender Zeit, aber wahrscheinlich auch jetzt nicht unwirksam ist. Da ferner die Grösse der Rindenstreckung durch seitliche Spannung bedeutend im Überschusse ist gegen die Grösse der Rindenfaltung durch Seitendruck infolge der sekulären Abkühlung, so folgt, dass die Faltung unter dem Meeresbette wenig mehr leisten kann, als die Schnelligkeit seines Vertiefens vermindern. Die Wirkung der Faltung auf die Änderung der Gestalt der Erdoberfläche wird somit am deutlichsten sein in den kontinentalen Gebieten, namentlich in denjenigen Regionen, wo die Änderung des vertikalen Druckes oberhalb der gefalteten Schichten am schnellsten abnimmt, d. h. in der Nähe der Küstenlinien, wo das Gefälle nach den Meerestiefen am grössten ist. Es verdient bemerkt zu werden, dass dies die Gegenden sind, in denen Erdbeben und vulkanische Thätigkeit am meisten vorherrschen. In den Küstengegenden werden ferner die Produkte der Abnagung der Kontinente vorzugsweise abgelagert, und die Gesteinsfaltung, die einfach herrührt von der säkulären Abkühlung, erzeugt in den mächtigen Massen der Sedimente noch stärkere Zermalmung und Faltung. Die Richtung der Falten wird senkrecht sein zur durchschnittlichen Neigung der Oberfläche über ihnen, d. h. sie werden im allgemeinen parallel zur Küstenlinie sein. Daher werden die Kontinente wachsen durch Bildung von Gebirgsketten längs ihrer Ränder. Für eine gegebene Zeit war die Grösse der Gesteinsfaltung infolge der säkulären Abkühlung am grössten in den ersten Epochen der Erdgeschichte, und sie nahm ab mit zunehmender Zeit. Hieraus folgt nicht notwendig, dass die alten Gebirgszüge die höchsten und massigsten gewesen, sondern sie waren es nur wahrscheinlich, und ebenso war möglicherweise die Verschiebung durch Zerquetschen und Falten zweier benachbarter Felspartien in den ältesten Zeiten am grössten. Aber wenn man die ganze Oberfläche der Erde berücksichtigt, so nimmt der Gebirgsbildungsprozess ab mit Zunahme der Zeit und in gleicher Weise die Geschwindigkeit der Kontinententwickelung.

Bemühungen, die Gestaltsveränderungen, welche die Erdoberfläche infolge der Zusammenziehung beim Er-

kalten erleidet, auf dem Wege des Versuchs zu ermitteln, sind nur ganz vereinzelt angestellt worden. In neuester Zeit hat A. Daubrée sich mit derartigen Arbeiten beschäftigt[1]), wobei er natürlich nur unter Bedingungen experimentieren konnte, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit den Zuständen der Erde haben, keineswegs aber diesen völlig oder auch nur in den Hauptpunkten gleichen. Daubrée nahm zu seinen Versuchen Ballons aus vulkanisiertem Kautschuk, die innen mit Kautschukscheiben belegt waren derart, dass die Wandstärke von zwei Polen aus immer geringer wurde. Sobald sich durch Druck von innen ein solcher Ballon ausdehnt, verwandelt er sich in ein Sphäroid von um so grösserer Abplattung, je stärker der innere Druck wird. Durch eine Kautschukschnur, welche beide Pole mit einander verband, wurde die Abplattung noch vergrössert. Ein derartiger Ballon ward durch ein Rohr mit Wasser angefüllt, welches einen Druck ausübte, der einer Wassersäule von 40 *m* Höhe entsprach. Nunmehr wurde das Sphäroid mit Schichten überzogen, die aus geschmolzenem Stearin und Gips, Wachs, Paraffin, Siegellack u. s. w. bestanden, wobei sich herausstellte, dass geschmolzenes Paraffin und in Alkohol gelöstes Bienenwachs die besten Resultate lieferten. Dieser Überzug entsprach in den Versuchen der Erdrinde, deren Dicke 0.1 bis 0.2 *mm* betrug. Bei den Versuchen liess Daubrée das im Ballon befindliche Wasser tropfenweise abfliessen und sah nun sogleich, dass der Überzug sich kontrahierte und Brüche erhielt. Zunächst entstanden an jeder Seite des Äquators und in dessen Nähe zwei ihm parallele Risse. Einige Augenblicke später erschienen andere, gleichfalls längs der Parallelkreise verlaufende Spalten in der Nähe der ersteren; sie bildeten sich nach und nach in immer grösseren Abständen vom Äquator. Indem sie sich allmählich verlängerten, nahmen sie einen Bogen von 60 bis 80 Grad und mehr ein. Die Bildung dieser Brüche hörte auf in den Polargegenden, welche durch ihre übermässige Dicke geschützt waren. Es entstanden auch Spalten, welche sich den Meridianen näherten, aber viel seltener und langsamer. In dem Masse, als die Kontraktion des Kerns sich fortsetzte, änderten die Spalten nach und nach ihre Eigentümlichkeiten. Die beiden Ränder jeder Spalte trennten sich vom Kern, richteten sich dachförmig auf, und es brach die höchste Kante ab. Oft wurde eine der beiden Seiten zurückgedrängt über die andere, welche sich umstülpte, so dass sie sich teilweise bedeckten. Diese Faltungen zeigen freilich im ganzen wenig Ähnlichkeit mit den auf der Erde vorkommenden, insofern sie sich vorzugsweise parallel dem Äquator bildeten, was Daubrée durch die grössere Dicke seiner Ballons an den Polen und den diese letzteren verbindenden Faden erklärt. Wurde der Paraffinüberzug in dickerer Schicht hergestellt, und zog sich

[1]) Comptes rendus **110.** p. 983 und 1017.

der Ballon langsam zusammen, so vermochte die starre Hülle nicht zu folgen und löste sich stellenweise ab. Es bildeten sich Wölbungen, meist ohne Brüche, und unter den Wölbungen Hohlräume zwischen Rinde und Kern.

Ausser diesen Versuchen wurden noch andere angestellt, zum Zwecke, Deformationen einer sich zusammenziehenden Kugelhülle zu beobachten unter dem Einflusse von Drucken, welche senkrecht zu ihrer Oberfläche wirken. Eine sehr einfache Art dieser Versuche besteht darin, dass man das Innere von Kautschukballons allmählich evakuiert, so dass sie durch den äusseren Luftdruck zusammengedrückt werden. Die Oberfläche erleidet jetzt, senkrecht zu ihr, Drucke, wie solche bei unserer Erde unter der Wirkung der Schwere stattfinden. Zu diesen Versuchen wurden Ballons verschiedener Art, die mit einer Röhre versehen waren, verwendet; die einen hatten eine gleichmässige Dicke, andere waren verstärkt teils durch eine Verdickung an der Röhre, teils durch eine zweite Verdickung am entgegengesetzten Ende des Durchmessers. Eine in der Mitte ausgezogene und am Ballon befestigte Glasröhre ermöglichte das Zuschmelzen, nachdem der Ballon der Wirkung einer Luftpumpe ausgesetzt worden, und das Aufbewahren desselben mit seiner Deformation. Die Gestaltungen, welche unter diesen Versuchsbedingungen entstanden, änderten sich in jedem Augenblick in dem Masse, als die Zusammenziehung zunahm. Sie zeigten zuweilen eine merkwürdige, aber keine geometrische Regelmässigkeit.

Statt zahlreiche Runzeln zu erhalten, erlitten die Ballons Einbiegungen von relativ grosser Amplitude. Oft begann die Zusammenziehung mit der Depression einer ganzen Hälfte des Sphäroids, später wirkte sie auf die andere Hälfte und teilte das Ganze in zwei Vertiefungen. Wiederum sah man eine kreisförmige Depression, welche, sich vertiefend, die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks annahm, dann bei der weiteren Vertiefung die Umrisse eines Quadrates.

Eine Kugel, welche an den Polen Verstärkung besass, ergab bei zahlreichen Wiederholungen eine besonders erwähnenswerte Umgestaltung. Nachdem sich eine grosse regelmässige Falte längs des Äquators gebildet hatte, haben die verstärkten Polargegenden, nachdem jede einen dreiseitigen Umriss angenommen, sich bald mit einander verbunden durch drei gebogene Kämme, welche in demselben Sinne gedreht waren, so dass sie eine rohe Nachahmung eines Pentaëders mit gekrümmten Flächen bildeten.

Diese verschiedenen Gestaltungen haben sich bei einer ziemlich zahlreichen Reihe von Versuchen regelmässig gezeigt. Wenn der Ballon sich erst zusammenzog und dann die ursprüngliche Kugelgestalt wieder annahm infolge des allmählichen Eindringens von Luft, so entstanden nacheinander dieselben Änderungen der Umrisse der Vertiefungen, aber in umgekehrter Reihenfolge.

Daubrée hat auch Versuche mit Metallkugeln aus Kupfer, Messing, Zink, Zinn und Blei angestellt, die einen Durchmesser von 0.1 *m* und eine Wanddicke von $^1/_2$ bis $^1/_4$ *mm* hatten. Sie wurden in einen mit Wasser gefüllten Stahlcylinder gebracht und dort Drucken zwischen 8 und 50 Atmosphären ausgesetzt. Alle wurden teilweise zerdrückt, indem sie eine Depression über einem grossem Teile ihrer Oberfläche annahmen. Die Vertiefung zeigte einfache und regelmässige Umrisse, bald eine spindelförmige Gestalt, bald rautenförmige oder dreieckige Umrisse.

Daubrée glaubt, dass durch diese oder ähnliche Experimente gewisse Charaktere der allgemeinen Gestaltung der Erdoberfläche nachgeahmt werden und das Verständnis der natürlichen Erscheinungen gefördert werde, ja er meint sogar, damit das Verständnis der merkwürdigen Konfiguration der Marsoberfläche zu erleichtern. Wir sind nicht geneigt, diesen weitgehenden Schlussfolgerungen beizupflichten, und müssen es als völlig ungerechtfertigt erklären, nun, wo die Versuche keine Analogie der Deformationen mit denjenigen der Erdoberfläche erkennen lassen, daraus, auf flüchtige Ähnlichkeiten gestützt, Erklärungen über die Marsoberfläche abzuleiten. Es ist dies keineswegs ein wissenschaftliches Verfahren, und der wahre Schluss aus den Daubrée'schen Experimenten kann nur dahin lauten, dass sie nichts Sicheres über die Gestaltung der Erdoberfläche infolge der Kontraktion des Erdballes ergeben haben.

Den Einfluss der Schrumpfung der Erdrinde infolge der allmählichen Abkühlung des Erdballes hat auch A. de Grossouvre nachzuweisen versucht [1]). Eine flüssige Masse, deren Dichte gegen den Mittelpunkt hin zunimmt, hat als Gleichgewichtsfigur das Rotationsellipsoid, dessen Abplattung für jede Schicht um so geringer ist, je näher diese Schicht dem Zentrum liegt. Von diesen theoretischen Schlussfolgerungen ausgehend, behauptet Verfasser, dass die Abkühlung der Erde zuerst eine Rinde von der Gestalt eines Rotationsellipsoids erzeugte, dessen Elliptizität von den zur Zeit des Erstarrens herrschenden Bedingungen abhing. Bei der weiteren Abkühlung kontrahierte sich der innere, flüssige Kern schneller als die Rinde, die Spannungen in dieser mussten fortschreitend zunehmen, und die Teile, welche am wenigsten Festigkeit besassen, wurden gefaltet und über einander geschoben; dann kam ein Moment, wo die Grenze des Widerstandes erreicht war, und eine mehr oder weniger plötzliche Katastrophe trat ein; die feste Rinde zerbrach, sank nieder und erreichte unter Faltung die Gestalt des flüssigen Kernes, der ihr als Stütze diente. Nach den Ergebnissen der Laplace'schen Analyse war nun die Gleichgewichtsfigur dieses inneren Kernes ein Rotationsellipsoid mit geringerer Elliptizität, als die des

[1]) Comptes rendus **107.** p. 827.

ursprünglichen Ellipsoids, da die Dichte des jetzigen flüssigen Kernes grösser war, als die Dichte der Gesamtkugel. Es folgte nun eine Periode des Gleichgewichts; da jedoch die Abkühlung weiter ging, entstand durch die Kontraktion des flüssigen Kernes eine neue Krise, und die Erdrinde musste sich ein zweites Mal über einander schieben und falten, um sich der Gestalt des verkleinerten, flüssigen Kernes anzupassen, dessen Gleichgewichtsfigur ein neues Rotationsellipsoid war, das eine noch kleinere Elliptizität hatte, als das vorangegangene, aus den bereits entwickelten Gründen. Sonach sind also die successiven Gestalten der Erde Rotationsellipsoide gewesen, deren Abplattung nach und nach abgenommen hat; mit anderen Worten, der Durchmesser des Äquators hat schneller abgenommen als die Axe der Pole, und es folgt daraus, dass die grossen Umgestaltungen sich immer weiter nach Süden entfernt haben. Grossouvre glaubt, dass die geologischen Beobachtungen diese Schlussfolgerung bestätigen, allein diese Beobachtungen sind in Bezug auf die Erdumgestaltung als Ganzes doch zu fragmentarisch und unsicher, als dass man ihnen grosses Gewicht beilegen könnte. Auch ist es fraglich, ob die Deduktionen des Verfassers aus der Laplace'schen Theorie stichhaltig sind.

Was die erste Erstarrungskruste unseres Erdballes anbelangt, so ist es sehr fraglich, ob überhaupt Teile derselben jemals von Menschenaugen gesehen wurden, jedenfalls könnten dieselben, wie H. Rosenbusch richtig hervorhebt[1]), nur in den letzten Abteilungen des Grundgebirges zu suchen sein.

Umformung der Erdoberfläche durch Luft und Wasser. Die Rolle, welche die mechanische Thätigkeit des Wassers und der Luft in der Modellierung der Erdoberfläche spielt, ist erst in jüngerer Zeit richtiger erkannt und gewürdigt worden. Statt der plötzlich und konvulsivisch wirkenden Kräfte, welche man ehedem in der Erdgestaltung vorzugsweise thätig glaubte, ist die langsame, aber ununterbrochene, teils mechanische, teils chemische Wirkung des Wassers und der Luft mehr in Betracht gezogen worden, und es hat sich dabei herausgestellt, dass diese Agenzien eine ungleich grössere Rolle auf diesem Gebiete spielen, als man jemals geglaubt.

Powell hat die Gesetze der Landabtragung durch das Wasser sehr lange studiert[2]) und kommt zu folgenden Ergebnissen[3]). Die Oberfläche des Landes zerfällt auf verschiedene Weise und wird durch Regen und schmelzenden Schnee abgewaschen. Der Regen sammelt sich zu Strömen, in Bächen, Flüsschen und Flüssen und transportiert die desintegrierten Gesteine von einem Ort zum anderen. Diese allgemeine Oberflächen-

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1889. **2.** p. 81 u. ff.
[2]) Science **12.** p. 229. [3]) Naturw. Rundsch. 1889. Nr. 11. p. 141.

abtragung wird „Erosion" genannt. Während des Transportes graben sich die Ströme Kanäle, und dieses Kanaleinschneiden wird „Korrosion" genannt. Durch die Erosion und die Korrosion werden Klippen erzeugt, und die Klippen brechen infolge der Schwere zusammen. Diese Art der Abtragung wird das Untergraben (sapping) genannt. Die Erosion besteht aus dem Zerfall der Felsen, dem Verladen des Zerfallenen und dem Transport desselben im Wasser; ebenso umfasst die Korrosion dieselben drei Prozesse, während das Unterminieren nur aus dem Desintegrieren und Herunterfallen besteht. Die vom Wasser fortgeführte Last schwimmt entweder im Wasser oder wird am Boden fortgetrieben. Im ersten Falle wird sowohl die Last, wie das Vehikel durch die Schwere transportiert, und zwar kann das Vehikel sich wohl ohne die Last, aber letztere nicht ohne ersteres fortbewegen. Da die Last ein grösseres spezifisches Gewicht hat als das Vehikel, so wird erstere beim Schwimmen auch zu Boden sinken und dort zur Ruhe kommen; die Schnelligkeit, mit welcher dies geschieht, hängt von dem spezifischen Gewichte und dem Volum der Partikel ab; nicht minder aber von der Schnelligkeit und der Tiefe des Wassers. Während das Wasser abwärts fliesst, rollt es Sedimente an dem Boden seines Bettes fort. Dies ist aber nur möglich, wenn die Masse, welche fortgeführt werden soll, dem Wasser Angriffsflächen bietet, d. h. wenn die Oberfläche des Bodens ungleichmässig ist. Diese Ungleichmässigkeit kann so gross sein, dass das Material gehoben wird und dann im Vehikel schwimmend durch seine eigene Schwere weiter transportiert wird. Für das gerollte Material liefert aber das Wasser die zum Transport erforderliche Energie. Alles, was getrieben wird, wird durch die Energie des Wassers transportiert; alles, was schwimmt, wird durch seine eigene Schwere transportiert. Bei gleichem Volum des Wassers nimmt die Tiefe ab, wenn die Geschwindigkeit zunimmt; durch erhöhte Geschwindigkeit wird der Weg der Teilchen verlängert, durch Abnahme der Tiefe wird er verkürzt. Andererseits vermag die erhöhte Geschwindigkeit grössere Partikel zu treiben. Die Reibung des reinen Wassers ist so gering, dass es an harten Formationen keine Korrosion hervorbringen kann; ist hingegen die Formation eine lose, so kann die Korrosion durch den Anprall des Wassers bewirkt werden, wenn die Partikel Angriffsflächen darbieten. Die Oberfläche des Bodens muss ungleichmässig sein, und seine Desintegration kann nur durch die schwimmenden Partikel veranlasst werden, welche auf ihrem Transporte die Stelle passieren. Je grösser daher die schwimmende Last, desto grösser die Korrosion. Die Neigung des Bodens und die geologische Beschaffenheit desselben haben, wie leicht verständlich, auf die Korrosion einen bedeutenden Einfluss; erstere kann selbst bis zur Bildung von Wasserfällen führen. Wo die Korrosion am grössten, und das ist in der Linie der stärksten

Strömung der Fall, da wird der Kanal immer tiefer und gleichzeitig auch enger. Diesem Engerwerden wirkt aber das Einstürzen der unterminierten Uferränder entgegen, welches nur bei gleichmässig hartem Gesteine unter Bildung von tiefen Kañons ausbleibt, sonst aber neues, meist loses Material dem Wasser zuführt, das teils schwimmt, teils am Boden getrieben wird. Die schwimmende Last beeinflusst die Korrosion durch das Niedersinken der Teilchen, und umgekehrt werden oft die getriebenen Massen gehoben und schwimmen weiter.

Die untere Erosionsgrenze der fliessenden Wasser findet Penck[1]) in dem Stadium, in welchem das Gefälle nicht mehr ausreicht, die feinsten Schlammteilchen zu bewegen. Flüsse mit einem Gefälle von 4 *m* auf 1000 *m* gehören bereits zu den Stillwassern. Die lebendige, auf die Bettwandungen mechanisch wirkende Kraft beträgt bei grossen Flüssen in normalen Zeiten nur etwa $^1/_{1000}$ der ganzen Kraft, bei Wildwassern bis $^1/_3$. Selbst bei 16 *cm* Gefälle auf 1 *km*, nach französischen Quellen sogar noch bei 6 *cm*, ist fliessendes Wasser noch von einer wenn auch äusserst geringen transportierenden Wirksamkeit. In entsprechend langen Zeiträumen werden also Flüsse ihr Gebiet abtragen, bis die unterste Grenze des Denudationsniveaus erreicht ist. Hiernach müssten vom Standpunkt dieser Theorie aus die Kontinente schliesslich aus Ebenen bestehen, die von firstartig verlaufenden spitzen Dämmen, den Wasserscheiden, durchschnitten werden, wo die Wirkung der Denudation minimal ist. Dass solche Gebiete auf der Erde nicht angetroffen werden, ist eine Folge der Gesteinsverwitterung und der meteorologischen Einflüsse, welchen gegenüber solche steilwandige Dämme sich nicht halten können. Sie werden durch diese nivellierenden Einwirkungen in flache Terrainwellen umgeformt, die ausserhalb der Sphäre der mechanischen, erodierenden und denudierenden Thätigkeit des Wassers liegen.

2. Boden- und Erdtemperatur.

Beobachtungen über die Bodentemperatur sind in dem Zeitraume von Mai 1880 bis August 1886 Allahabad stündlich angestellt worden, und zwar in drei verschiedenen Tiefen, unmittelbar an der Oberfläche (1.2 *cm* tief) und in 3 engl. Fuss (91.5 *cm*) Tiefe. Die mittlere tägliche Schwankung der Temperatur beträgt am Boden 12.7 °C., in 3 Fuss Tiefe nur 0.1 °C., und in letzterer verspäten sich die Maxima und Minima um volle zwölf Stunden. Im Jahresmittel ist die Temperatur an der Oberfläche des Bodens (nämlich 27.3 °C.) um 1.4 °C. höher als die wahre Lufttemperatur, und zwar ist der Unterschied in den heissen Monaten grösser als in den minder warmen. Das Maximum der

[1]) Verhandlungen des 8. deutsch. Geographentages 1889. p. 91.

Bodentemperatur (36.3 °C.) fällt auf den Mai, ebenso dasjenige der Luftwärme (33.1 °C.), das Minimum (17° am Boden, 15.2° in der Luft) auf den Dezember. Überaus merkwürdig ist die Thatsache, dass die Temperatur von der Oberfläche bis zu 3 Fuss Tiefe steigt, und zwar im Jahresmittel um 0.3 °C. S. A. Hill, der die Bearbeitung der Beobachtungen ausgeführt hat[1]), glaubt, dass die Erscheinung durch eine Anhäufung von Wärme im Boden aus vorjährigen heissen Jahren zu erklären sei, und weist darauf hin, dass die Differenz zwischen der Oberflächentemperatur und jener in 3 Fuss Tiefe in den einzelnen Jahren recht ungleich, 1885 sogar negativ war, indem damals die Oberfläche wärmer als die Tiefe blieb. Die Kurve der Bodentemperatur schliesst sich genau der Kurve der Sonnenstrahlung an, wie solche aus den Beobachtungen an einem Thermometer mit geschwärzter Kugel 1876—85 in Allahabad sich herausstellte. Auf dem Wege der Rechnung findet Hill, dass das Minimum der Sonnenstrahlung im Jahre 1883 eintrat, dasjenige der Bodentemperatur in 3 Fuss Tiefe und ebenso dasjenige der Lufttemperatur 5 Monate später. Nach Hill's Ansicht ändert sich die Strahlungsintensität der Sonne mit der Fleckenhäufigkeit innerhalb der bekannten 11 jährigen Periode, und diese Änderung würde von der Bodentemperatur schärfer als von der Luftwärme wiedergespiegelt.

Auch in Katharinenburg (50° 56′ n. Br., 66° 38′ ö. L. v. Gr., 280 *m* Seehöhe) sind Beobachtungen der Bodentemperatur angestellt worden in den Jahren 1881—83[2]), und zwar an der Oberfläche, in 0.35, 0.80, 1.60 und 3 *m* Tiefe. Auch hier zeigte sich eine starke Zunahme der Bodenwärme, und zwar bis zu 3 *m* Tiefe. Folgende Zahlen zeigen uns die Jahresmittel von:

	1881 °C.	1882 °C.	1883 °C.
Lufttemperatur	1.00	0.80	1.00
Bodenoberfläche	2.22	2.13	2.37
0.35 *m* Tiefe	3.73	3.37	3.35
0.80 "	4.38	3.86	3.71
1.60 "	5.14	4.54	4.24
3.00 "	4.98	4.85	4.70

Über die Temperaturverhältnisse der Grotten von St. Canzian bei Triest hat sich A. Penck verbreitet[3]), auf Grund der Beobachtungen, welche die mutigen Erforscher jener Höhlen, A. Hanke, J. Marinitsch und Fr. Müller, bei verschiedenen Versuchen derselben angestellt haben. Im ganzen erstrecken sich die Beobachtungen nur auf 27 Tage während des Zeitraums vom 20. Januar 1884 bis 8. April 1888, und Penck fand daraus folgendes:

[1]) Indian Meteorol. Memoires **4.** p. 139—162.
[2]) Rep. für Meteorol. **11.** Nr. 4.
[3]) Meteor. Zeitschrift 1889. p. 161.

1. Es herrscht in den Grotten von St. Canzian keine gleichbleibende Temperatur, sondern das Thermometer weist eine ausgesprochene jährliche Schwankung auf, welche am Eingange der Grotte am beträchtlichsten ist und sich im Verlaufe derselben etwas abtönt. In der ersten Kammer der Höhle ist die niedrigste beobachtete Temperatur — 3° C., die höchste 22°, so dass hier die Extreme um 25° auseinanderliegen. In den äussersten bisher erschlossenen Domen in einer Entfernung von durchschnittlich 1 *km* vom Eingange aber beläuft sich die Jahresschwankung an der Reka immer noch auf 16°, das Minimum ist 1°, das Maximum 17° C. In den schlauchartigen Seitenästen scheint die Schwankung noch geringer zu sein.

2. Die Grottentemperatur folgt den täglichen Änderungen der Oberflächentemperatur nicht oder nur in beschränktem Masse.

3. Die Grottentemperatur ist im Sommer konstant, und zwar um 4—7° niedriger als die Temperatur der Reka, und umgekehrt im Winter um 1—2° höher als jene des Flusses, und diese ist im Winter im Innern um 1° höher, im Sommer um 1° niedriger als am Eingange.

4. Die mittlere Temperatur der Grottenluft ist merklich niedriger, als nach der Meeresfläche erwartet werden sollte. „Alle die angeführten Thatsachen“, sagt Penck, „finden eine befriedigende Erklärung in der Funktion der Höhle als Wasserkanal. Mit sehr schwankender Temperatur tritt die Reka in die Grotten, im Sommer erwärmt sie hier die Umgebung, im Winter wird sie durch dieselbe erwärmt, wie schlagend daraus erhellt, dass das Wasser im See der grossen Doline im Winter etwa um 1° kälter als in den äussersten Grottenpartien ist, während im Sommer das umgekehrte Verhältnis statt hat. Überdies reisst das rasch fliessende Wasser Luft mit in die Grotte, und daraus mag sich erklären, dass Vereisungen, bis zum 6. Wasserfalle, etwa 500 *m* vom Grotteneingange angetroffen werden, und dass in Seitenwinkeln die Wintertemperaturen höher sind als nahe dem Flusse. Aber allen diesen an und für sich leicht verständlichen Verhältnissen wird besonderes Interesse dadurch zugeführt, dass die Grotten sehr tief unter Tage liegen, weswegen sich hier der Einfluss der Bodentemperatur sehr intensiv geltend machen sollte. Nach der üblichen Regel sollte in den inneren Partieen der Grotte eine Temperatur herrschen, welche 7—8° höher als die Oberflächentemperatur wäre, also 16—17°. Es ist schon die Grottentemperatur um 6—7° zu niedrig, dies scheint aber nicht bloss von den bereits erforschten Teilen der Höhle, sondern von dem gesamten unterirdischen Laufe der Reka zu gelten.“

Im Bohrloch zu Schladebach, das mit 1748 *m* gegenwärtig das tiefste Bohrloch der Erde ist, sind nach Vorschlägen von E. Dunker überaus sorgfältige Temperaturbeobachtungen an-

gestellt worden. Gemäss den Untersuchungen des genannten [1]), fand sich im Mittel eine Zunahme der Temperatur von 1° C. auf je 35.7 *m*. Die höchste gemessene Temperatur betrug 56.6° C. in 1716 *m* Tiefe.

Einen störenden Einfluss auf die regelmässige Temperaturzunahme übt, wie Huyssen nachgewiesen, das ungleichmässige Wärmeleitungsvermögen der durchbohrten und der darüber liegenden Gesteine aus. Huyssen ist der Ansicht [2]), dass die zuverlässigsten Beobachtungen am Schladebacher Bohrloch erhalten wurden, und zwar speziell diejenigen aus 1266 — 1716 *m* Tiefe, da diese sogleich und vor der Verrohrung ausgeführt wurden. Sie ergaben eine geothermische Tiefenstufe von 33.55 *m* auf 1° C. Die Beobachtungen im Sennewitzer Bohrloch bei Halle (1111 *m* Tiefe) ergaben fast das gleiche Resultat, allein letztere sind für die Beurteilung der Wärmezunahme des Erdkörpers wertlos, da in 471 *m* Tiefe eine Soolquelle angetroffen wurde, und eine zweite (kalte) in 604 *m* Tiefe in das Bohrloch tritt, erstere erhöht die Temperatur anormal, letztere drückt sie herab [3]).

Sehr richtig sagt F. Wahnschaffe [4]). „Wenn man das Material überblickt, welches hinsichtlich der Wärmeverhältnisse des Erdinnern bisher erbracht worden ist, so scheint es bei dem jetzigen Stande unseres Wissens unberechtigt, aus den vorliegenden Beobachtungen das Verhältnis der Wärmezunahme nach der Tiefe durch Berechnungen feststellen zu wollen. Zwar hat man an und für sich im Schladebacher Bohrloche die beträchtliche Tiefe von rund 1650 *m* unter dem Meeresspiegel erreicht, eine Tiefe, welche die Erhebung der Schneekoppe über den Meeresspiegel noch um 45 *m* übertrifft. Trotzdem jedoch ist diese Tiefe des Bohrlochs eine nur geringe, wenn man sie mit der Länge des Halbmessers unserer Erde vergleicht, denn sie beträgt nur $^1/_{3641}$ desselben. Bei einer Kugel von 1 *m* Durchmesser würde ein solches Bohrloch nur wenig über $^1/_{10}$ *mm* betragen. Wenn wir von der allgemein herrschenden, auf der Kant-Laplace'schen Theorie sich gründenden Annahme ausgehen, dass die Masse der Erde sich ursprünglich in einem glühend flüssigen Zustande befunden und durch allmähliche Ausstrahlung ihrer Wärme in dem kalten Weltenraum sich abgekühlt habe, so muss die Wärmeabgabe an der Oberfläche eine bedeutendere als nach innen zu gewesen sein. Die Temperaturdifferenzen werden daher in der äussersten Schale am grössten sein müssen, während sie nach innen zu allmählich abnehmen. Es wird sich mit anderen Worten die Wärmezunahme nach innen zu verlangsamen, d. h.

[1]) Jahrbuch f Mineralogie 1889. **1.** p. 29—47.
[2]) Verhandlung des 8. deutschen Geographentages 1889. p. 225—35.
[3]) Köbrich, in der Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im pr. Staate 1889. **37.** p. 171. [4]) Potonié's Wochenschrift 1890. Nr. 18. p. 175.

die geothermische Tiefenstufe wird in diesem Falle grösser und grösser werden. Da man nun gar keinen Anhalt dafür besitzt, in welchem Grade die Wärmezunahme sich in den tieferen Teilen des Erdinnern verlangsamt, so sind alle Temperaturangaben, die man für grössere Tiefen berechnet hat, rein hypothetisch."

3. Erdmagnetismus.

Die Erforschung des magnetischen Charakters der Erdoberfläche wird von verschiedenen Beobachtern betrieben, doch ist in dieser Beziehung noch ausserordentlich vieles, ja, man darf wohl behaupten, noch das meiste zu thun, und auch vom Standpunkte eines tieferen Verständnisses der erdmagnetischen Erscheinungen in bezug auf Ursprung und Verknüpfung mit anderen tellurischen oder kosmischen Phänomenen bietet unser jetziges Wissen kein hervorragendes Bild.

Über die täglichen Veränderungen hat Arthur Schuster eine mathematische Untersuchung angestellt[1]), aus welcher er folgert, dass die Vertikalkräfte der täglichen Oszillation sich durch die Annahme erklären lassen, die Ursache der letzteren befinde sich ausserhalb der Erdoberfläche und induziere Ströme in der Erde, wobei das Leitungsvermögen der tieferen Schichten geringer als dasjenige der oberflächlichen Teile anzunehmen ist. Es gewinnt nach Schuster's Meinung die Hypothese von Balfour Stewart an Wahrscheinlichkeit, wonach Luftströmungen, indem sie die magnetischen Kraftlinien durchkreuzen, die täglichen Schwankungen verursachen. Dieser Ansicht stimmt auch Lagrange bei[2]), welcher den Erdmagnetismus als einen Spezialfall eines sehr allgemeinen elektrodynamischen Problems betrachtet.

Was die säkulare Variation anbelangt, die gemäss den Beobachtungen seit etwa 300 Jahren hervorgebracht wird durch eine langsame Ortsveränderung des ganzen magnetischen Systems von Ost gegen West, so kommt Lagrange zu dem Resultate, dass diese Veränderung nur allein zugeschrieben werden könne dem Umstande, dass die Erde sich in einem magnetischen Felde bewege, nämlich demjenigen der rotierenden elektrischen Sonne.

Örtliche Störungen der magnetischen Deklination in verschiedenen Teilen Englands sind nach Thorpe und Rücker nicht durch Erdströme, sondern einfach durch magnetisches Gestein (Basalt, Diorit) zu erklären. Eine ähnliche Ansicht hat schon vorher O. E. Meyer auf Grund seiner Messungen im Riesengebirge ausgesprochen[3]). Er fand, dass sowohl die Horizontalintensität als auch die Inklination, folglich also auch

[1]) Natnre **39.** p. 622.
[2]) Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellschaft **24.** p. 259 u. ff.
[3]) 66. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur 1888. p. 49.

die Gesamtintensität der erdmagnetischen Kraft mit zunehmender Höhe in merklichem Grade wuchs. Da aus zahlreichen Messungen an anderen Orten das Gegenteil sich ergeben, so schloss er, dass wahrscheinlich die Gesteine, aus denen das Riesengebirge besteht, magnetisch sind. Am Zobtenberge, den er nach dieser Richtung hin systematisch untersuchte, fand er seine Vermutung grösstenteils bestätigt. Auf dem Gipfel zeigte sich eine deutliche Zunahme des Magnetismus, desgleichen auf der Westseite; auf der Südseite, wo der Zobten mit dem benachbarten Geiersberge durch einen niedrigen Sattel zusammenhängt, fand er eine unverkennbare Verminderung. An der Ostseite, welche der Ebene zugewandt ist, erwies sich der Erdmagnetismus als nahezu normal. Dagegen beobachtete er am Fusse des steilen Bergabhanges auf der Nordseite keineswegs die erwartete Abnahme, sondern er erhielt einen noch grösseren Wert der Horizontalkomponente, als man auf dem Gipfel des Berges gefunden hatte. Nun ergiebt ein Blick auf die geologische Karte dieses Gebirges, dass die Nord- und die Westseite des Berges von Granit, die Spitze von Gabbro, die Süd- und die Ostseite von Serpentin gebildet wird Es fällt also das Gebiet des verminderten Magnetismus mit dem Gebiet des Serpentins zusammen. Dasselbe einfache Verhältnis zeigt sich bei allen, auch in anderen schlesischen und böhmischen Gebirgen angestellten Messungen bestätigt. Überall, wo Granit oder der aus den gleichen Bestandteilen gebildete Gneiss ansteht oder nahe unter der Erdoberfläche liegt, fand sich der Erdmagnetismus verstärkt. Es wirkt also wesentlich nur das unmittelbar unter den Füssen des Beobachters liegende Gestein, nicht die zur Seite ruhende Gebirgsmasse mit, um die Verstärkung des Erdmagnetismus zu stande zu bringen. Hiernach darf man sich über die Lage der magnetische Axe im Gestein wohl nur die Vorstellung bilden, dass sie mit der Richtung der Inklinationsnadel zusammenfällt. Nach dieser Annahme würde die Oberfläche des Zobtenberges südlichen Magnetismus, wie der geographische Nordpol der Erde, annehmen, während die zugehörigen magnetischen Nordpole tief im Inneren des Berges verborgen sind. Eine solche Magnetisierung des Berges wirkt auf eine nahe dem Berge befindliche Magnetnadel in dem Sinne ein, dass der Erdmagnetismus verstärkt erscheint.

Eschenhagen, der eine vollständige magnetische Aufnahme des Harzgebirges ausgeführt hat, kommt auch zu dem Ergebnisse, dass die erdmagnetischen Elemente ungleich mehr durch den Gesteinsmagnetismus als durch Bruchlinien im Gesteinszusammenhange beeinflusst werden [1]).

E. Naumann führt dagegen aus [2]), dass kein Grund zu der

---

[1]) Verhandl. d. 8. deutsch. Geographentages, Berlin 1889. p. 72 u. 74.
[2]) Geolog. Mag. 3. Dec. 1889. 6. p. 305 u. 306.

Annahme sei, der Verlauf der magnetischen Linien auf dem Erdball werde in wesentlichem Grade durch den Gesteinsmagnetismus beeinflusst. Er betont ferner nachdrücklich die hohe Bedeutung der genauen Erforschung der magnetischen Verhältnisse der Erdoberfläche und plädiert für eine internationale magnetische Aufnahme der ganzen Erde. Offen gesagt, können wir uns von einem so ungeheueren Unternehmen keinen dem Mühe- und Zeitaufwande entsprechenden Erfolg denken. Gerade die magnetischen Beobachtungen haben, trotz der ungeheueren Menge von Ziffern und Zahlen, die durch sie aufgehäuft worden sind, bis jetzt nur wenig Resultate ergeben, höchstens nur schätzbares Material, das vielleicht einmal verwertet werden kann, vielleicht aber auch nicht, ähnlich vielen Millionen meteorologischer Ziffern, die niemand ansieht.

Die normalen täglichen Schwankungen der magnetischen Deklinationsnadel werden bekanntlich häufig durch mehr oder weniger starke und plötzliche Bewegungen der letzteren unterbrochen, welche man Störungen nennt. Durch diese wird die genaue Bestimmung des täglichen Ganges der Nadel sehr erschwert, da man ohne weiteres nicht wissen kann, ob die Störungen nach beiden Seiten des normalen Ganges gleich stark und häufig stattfinden, sich also im Mittelwerte ausgleichen oder nicht. Das einzige und gleichzeitig einfachste Mittel, diese Schwierigkeit zu umgehen, besteht darin, den normalen Gang der Magnetnadel nur aus solchen Tagen abzuleiten, an welchen die periodische tägliche Schwankung möglichst regelmässig erfolgt. Diese höchst naheliegende Methode ist 1884 von H. Wild besonders hervorgehoben worden, und er hat aus Beobachtungen an solchen „Normaltagen“ Mittelwerte abgeleitet und als normale betrachtet. Durch Vergleich mit den so gewonnenen Mittelwerten lassen sich die Störungen genauer darstellen, und ihr gruppenweises oder periodisches Auftreten tritt klarer hervor. Von diesen Gesichtspunkten aus wurden durch P. A. Müller die magnetographischen Aufzeichnungen zu Petersburg und Pawlowsk, welche bis 1885 einen Zeitraum von 14 Jahren umfassen, untersucht, und Wild hat aus diesen Untersuchungen einige Schlüsse bezüglich der Deklinationsveränderungen der Magnetnadel gezogen [1]). Zunächst findet er, dass der nach der oben erwähnten, eigentlich ziemlich selbstverständlichen Methode abgeleitete tägliche Gang der Deklination wirklich als der normale, nämlich von Störungen freie, betrachtet werden kann. Dieser tägliche Gang der Deklination ergiebt sich ferner im jährlichen Mittel als ein einfacher, mit einem Minimum kurz nach 8^h vormittags und einem Maximum etwa vor 2^h nachmittags. Die Grösse (Amplitude)

---

[1]) Mel. phys. et chim., l'acad. de St. Pétersbourg 1889. **13.** p. 49.

dieser periodischen Schwankung ist in den Jahren der Sonnenfleckenmaxima ebenfalls im Maximum, zur Zeit der Fleckenminima hat sie entsprechend ihren kleinsten Wert. Die Störungen der magnetischen Deklination haben ein Maximum der negativen Werte zwischen 10^h und 11^h abends und ein Maximum der schwachen positiven zwischen 8^h und 9^h vormittags Im Verlauf der Jahre verändert sich die Grösse dieser Tagesperiode entsprechend dem Gange der Häufigkeit der Sonnenflecken. Die positiven und negativen Störungen heben sich im Sommer nahezu auf, im Winter überwiegen dagegen die negativen; im Jahresdurchschnitt findet die Kompensation am vollständigsten in der Epoche der Sonnenfleckenminima statt, zur Zeit der Maxima überwiegen die negativen Störungen.

Diese durch die mühevolle Arbeit von P. A. Müller nachgewiesenen Resultate deuten an, dass die Ursache des normalen täglichen Ganges der magnetischen Deklination eine andere sein muss als diejenige der Störungen. Letztere haben ihre Ursache in Erdströmen, daher ist erstere nicht auf solche zurückzuführen. Aus dem Umstande aber, dass die Amplituden beider Perioden in ähnlicher Weise und parallel der Häufigkeit der Sonnenflecken variieren, folgert Wild, dass die Ursachen sowohl des normalen Ganges als der Störungen ihrem Effekte nach von der Energie der Vorgänge auf der Sonne abhängen.

Über den jährlichen Gang der magnetischen Deklination hat sich J. Liznar verbreitet [1]. Der Erste, der sich mit der Aufgabe befasst hatte, einen etwaigen Einfluss der Jahreszeiten auf die Deklination nachzuweisen, war Cassini; er hat 1791 eine Reihe von Beobachtungen über den grössten und kleinsten Stand der Deklination publiziert, aus denen er zu folgendem Resultate gelangt ist: „Vom Januar bis gegen den April nimmt in der Regel die westliche Abweichung zu. Gegen Anfang April wird die Nadel jedesmal rückgängig, und die Abweichung nimmt ab, von Monat zu Monat, bis zur Sommer-Sonnenwende. Alsdann geht die Nadel wieder nach West, und immer findet sie sich gegen den Anfang des Oktobers ungefähr eben da, wo sie im Anfange Mai war; das fand wenigstens jedesmal in den sechs Revolutionen statt, welche man damals beobachtet hat, weshalb diese Epochen sehr merkwürdig scheinen. Nach dem Oktober fährt die Nadel fort, nach Westen vorzuschreiten, beschreibt aber keinen so grossen Bogen mehr, und gewöhnlich erreicht sie in diesen letzten drei Monaten das Maximum ihrer westlichen Abweichung, und ihre Schwankungen haben nur eine Grösse von 5—6 Minuten“.

Gilpin fand 1786—87 zu London die Cassini'sche Regel bestätigt, allein später verhielten sich Goldschmidt in Göttingen

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1888, p. 225.

und Lamont in München wieder zweifelnd. Sabine leitete 1863 aus der Übereinstimmung des Ganges in Kew und auf den Stationen der südlichen Hemisphäre den Satz ab, dass die Bewegung der Magnetnadel auf beiden Hemisphären dieselbe ist, und zwar weist das Nordende mehr östlich, wenn die Sonne nördlich vom Äquator steht, und umgekehrt.

Spätere Beobachtungen an mehreren Stationen, die Loyd mitteilt, führten zu Mittelzahlen, welche ergaben, dass die Nadel ihre Richtung mit dem Stande der Sonne gegen den Äquator ändert, und dass diese gleichzeitige Änderung auf beiden Erdhälften entgegengesetzt ist. Dieser Widerspruch hat Liznar zu einer neuen und sorgfältigen Untersuchung veranlasst, in welcher für die nördliche Hemisphäre 19, und für die südliche 5 Stationen vertreten sind. Hiernach ergiebt sich, dass die westliche Deklination ihr Maximum zur Zeit des höchsten, ihr Minimum zur Zeit des niedrigsten Sonnenstandes der betreffenden Hemisphäre erreicht, die Änderung ist also auf beiden Erdhälften entgegengesetzt, und das Ergebnis von Loyd wird durchaus bestätigt.

Magnetische Störungen bei Gelegenheit von Erdbeben sind wiederholt wahrgenommen worden, doch blieb es häufig zweifelhaft, ob die Bewegung der Instrumente wirklich einer Veränderung der erdmagnetischen Kraft oder ob sie nur der mechanischen Erschütterung zuzuschreiben sei. Das grosse Erdbeben in Centralasien, welches in der Nacht vom 11. zum 12. Juli 1889 die Libellen der berliner Sternwarte erschütterte, machte sich auch an den elektrischen und erdmagnetischen Apparaten des Observatoriums zu Pawlowsk deutlich bemerkbar. Nach der Beschreibung von Wild [1]) unterscheiden sich aber diese Schwankungen durch ihren Charakter vollständig von den magnetischen Störungen, so dass man sie nur einer Reihe mechanischer Stösse der Erdoberfläche zuschreiben darf. In einem von Moureaux besprochenen Falle [2]), gelegentlich eines Erdbebens, das am 30. Mai 1889 zwischen Paris und Plymouth wahrgenommen wurde, zeigten dagegen die Störungen der Instrumente am Observatorium des Park Saint-Maur, nichts, was sie von echten magnetischen Störungen hätte können unterscheiden lassen.

Über Erdströme und ihre Beziehungen zu meteorologischen und magnetischen Erscheinungen, hat A. Batelli in den Monaten August, September und Oktober 1887 Untersuchungen angestellt [3]). Indem wegen der Anordnung der Beobachtungen auf die Quellen verwiesen werden muss können hier nur die Hauptergebnisse mitgeteilt werden, nämlich:

---

[1]) Comptes rendus **109.** p. 164. [2]) Ibid. **108.** p. 1189.
[3]) Il nuovo Cimento 1888. [3] **24.** p. 45. Naturw. Rundschau 1889. p. 2.

1. Es besteht keine Beziehung zwischen der Feuchtigkeit der Luft und den Erdströmen.

2. Der Thau und der Reif ändern weder den Gang, noch die Werte der Erdströme.

3. Während des Regens erleiden die Erdströme in der Regel keine merklichen Änderungen; wenn sich einige sehr schwache zeigen, die hervorgebracht sein können von der Änderung des Widerstandes im Boden, so verdecken sie nicht den normalen Gang der Ströme; zuweilen beobachtet man beim Fallen der ersten Tropfen plötzliche Schwankungen, welche wahrscheinlich herrühren von unregelmässiger Änderung des elektrischen Potentiales an verschiedenen Punkten des Bodens als Wirkung der Elektrizität, die vom Regen ihnen mitgeteilt wird, oder infolge der Induktion, die von der Elektrizität der Wolken ausgeübt wird. Bei jedem Blitz hat man nur eine plötzliche Schwankung, die sicherlich herrührt von der Wirkung der elektrischen Entladung auf den Boden.

4. In den Zeiten, in denen die Erdströme einen regelmässigen Gang zeigen, haben ihre Schwankungen keine Beziehung zu denen der elektrischen Potentialdifferenz der Atmosphäre zwischen den beiden Enden der Linie, in der man den Strom beobachtet. Es scheint hingegen, dass eine Beziehung besteht zwischen den unregelmässigen Änderungen des Erdstromes und denen der elektrischen Potentialdifferenz der Atmosphäre.

5. Die Verdunstung an der Oberfläche der Erde übt keinen merklichen Einfluss auf die Erdströme aus.

6. Man begegnet keiner Beziehung zwischen dem täglichen und monatlichen Gange der Erdströme und dem der Lufttemperatur und des Luftdruckes.

Die Resultate, welche über die Beziehungen der Erdströme zu den Elementen des Erdmagnetismus erhalten wurden, sind folgende:

7. Die Erdströme können keinen Einfluss haben auf die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus.

8. Sowohl in den Zeiten der Ruhe wie in denen der magnetischen Stürme stimmen die täglichen und monatlichen Schwankungen des NS-Stromes sehr gut mit denen der Deklination und die Schwankungen des EW-Stromes mit denen der Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

9. Die Schwankungen der Erdströme gehen fast immer um einige Minuten den entsprechenden Änderungen der bezüglichen magnetischen Elemente voraus. Man wird dadurch zu dem Glauben veranlasst, dass die Erdströme die Ursache sind der regelmässigen Schwankungen des Erdmagnetismus in unseren Breiten".

4. Vulkanismus.

Die Entstehung der vulkanischen Auswurfskegel hat J. G. Bornemann durch experimentelle Studien an Bleischlacken aus dem Hochofen in den Stollberger Hütten verständlich zu machen gesucht [1]). Da die in der Natur sich abspielenden Vorgänge bei Bildung der Auswurfskegel sich durchgängig der unmittelbaren Beobachtung entziehen und nachträglich mehrfacher Deutung unterliegen können und wirklich unterliegen, so sind die Studien von Bornemann ebenso interessant als wertvoll. Die flüssige Schlacke wurde in der Stollberger Hütte in grosse Gefässe als dicke, nur langsam erstarrende Masse gesammelt. War die Oberfläche der flüssigen Schlackenmasse erstarrt, so bildeten sich bald in derselben Risse durch Zusammenziehung der Kruste und Ausdehnung des noch flüssigen Magmas. Aus den Rissen, die sich oft unter rechten Winkeln kreuzten, quoll bald flüssige Schlacke nach und erstarrte, Rippen oder deckenartige Ausbreitungen blieben zurück und schlossen so die Spalte wieder. Selten blieb mehr als eine Stelle offen, die sich dann ausrundete, und indem hierdurch stets neue, flüssige Schlacke nachdrang, bildeten sich Kegel. Diese wuchsen, indem stossweise stets neue Masse herausgetrieben wurde und über den „Kraterrand“ überfloss. Wurde der Kegel höher, so ergoss sich die Schlacke auch nicht mehr allseitig herab, es bildeten sich getreue Modelle von Lavaströmen. Allmählich kam das ruhige Ausfliessen zu Ende, und kleine Explosionen, die einzelne Tropfen oft weit ausschleuderten, stellten sich ein, bis schliesslich auch dieses Spiel sein Ende fand, und nur mehr der Rauch von Metalloxyden dem kleinen Vulkangrund entstieg, der sich als weisse Kruste am oberen Rande der schwarzen Mündung festsetzte. An einem der schönsten dieser so erhaltenen Kegel hat Bornemann auch über die mikroskopische Struktur der Schlacke sich zu vergewissern gesucht und dieselbe als aus wasserhellen, rhombischen, dem Chiastolith ähnlichen aber nicht mit ihm identischen Kristallen und Glasmasse, die zumal in der Kruste vorherrscht, bestehend erkannt Indem Bornemann hervorhebt, dass alle die Erscheinungen, welche die Stollberger Kegel darboten, durchaus ohne Mitwirkung von Wasser (Wasserdampf) entstanden, Erscheinungen, die er bis in's Detail mit verwandten Vorgängen an Vulkanen vergleicht, geht er nunmehr zu diesen letzteren selbst über; auch diese mögen ohne die Mitwirkung von Wasser zu stande gekommen sein, und es gelte, diese anderen Motoren, die zunächst den ruhigen Auftrieb, hierauf das Schlackigwerden der erstarrenden Schmelzmasse, die Detonationen und das Ausschleudern bewirken, zu ergründen.

---

[1]) Jahrbuch der Kgl. Preuss. geolog. Landesanstalt für 1887. Berlin 1888. p. 230.

Bornemann leugnet die aktive Mitwirkung von Wasser und Wasserdampf bei einem Teile unserer Vulkanausbrüche nicht, nur gegen die gar zu allgemein gehaltene Fassung dieses Satzes will er Einsprache erheben und reiht nun, um derselben mehr innere Beweiskraft zu verleihen, eine bedeutende Zahl von Beobachtungen, die er im Vulkangebiete Süditaliens anzustellen Gelegenheit hatte, und Dünnschliffuntersuchungen, die er an Laven vornehmen konnte, aneinander. „Beim Aufsteigen der Lavasäule im Kraterschacht finden gewaltige Reibungen statt, chemische Zersetzungen vollziehen sich bei der Berührung der glutflüssigen Masse mit ihrer neuen Umgebung; eine stärkere Erhitzung und eine Verflüssigung des zähen Magmas muss stattfinden. Gase, aus den chemischen Prozessen entstehend oder aus der porösen Umgebung mechanisch hinzutretend, werden in vergrösserter Menge in der Lava diffundieren, emporfahrende Bomben rühren den Glutbrei durcheinander. — Der Wasserdampf aber spielt durchaus nicht die Rolle, welche ihm von vielen zugeschrieben wird, und besonders weisen uns das wasserfreie Chlorcalcium und die hohen Schmelztemperaturen der Vesuvbomben darauf, dass andere chemische Vorgänge stattfinden“.

Die unterirdischen Wasser spielen dagegen nach Daubrée[1]) eine grosse, ja entscheidende Rolle bei den vulkanischen Erscheinungen. Der französische Geologe glaubt, dass einsickernde Meereswasser die Vulkane speisen, und zwar Wasser, welche eine sehr hohe Temperatur besitzen, infolge der gewaltigen Tiefen, bis zu welchen sie eingesickert sind. Jedenfalls sind es nach Daubrée Wasserdämpfe von ungeheuerer Spannung, welche die Lavamassen emportreiben.

Der Ausbruch des Vulkans Krakatau in der Sundastrasse, die grossartigste vulkanische Erscheinung, von der geschichtliche Nachrichten melden, ist auch in physikalischer Beziehung durch die Untersuchungen, welche dadurch veranlasst wurden, von höchster Bedeutung geworden. Die Kgl. Gesellschaft zu London hat ein eigenes Komitee eingesetzt, um die sämtlichen wahrgenommenen Erscheinungen wissenschaftlich festzustellen, und wenn möglich zu erklären. Die Arbeiten dieses Komitees sind in einem grossen Werke erschienen[2]), von welchem J. W. Pernter eine eingehende und lichtvolle Analyse gegeben hat[3]). Die Erscheinungen, welche der Ausbruch hervorrief, betreffen sowohl das feste Erdreich, als die ozeanische und die Lufthülle.

Die Insel Krakatau liegt nach den dermaligen Annahmen der Geologen auf dem Kreuzungspunkte zweier grossen Brüche

---

[1]) Daubrée les l'aux souterraines. Paris 1887.
[2]) The Eruption of Krakatoa and subsequent Phenomena. Report of the Krakatoa Comittee of the Royal Society. Edited by G. J. Symons, London 1888. [3]) Meteorolog. Zeitschr. 1889. Heft 9 u. ff.

(Spalten) der Erdrinde, von denen der eine in der Richtung Java-Sumatra streicht und von einer Anzahl thätiger Vulkane gekrönt ist, während der andere durch eine Reihe vulkanischer Inseln bezeichnet wird. Die vulkanische Thätigkeit des Jahres 1887 begann bei Krakatau am 20. Mai, seit welchem Tage der Vulkan Massen von Dampf und Staub ausstiess. Im letzten Drittel des August wurden die Ausbrüche furchtbarer, und am Abend des 26. warf der Vulkan solche Massen von Material aus, dass weithin in seiner Umgebung völlige Nacht herrschte. Während dieser Eruption wurde der alte Kraterwall im Norden der Insel fortgerissen, und das Meer fand Zutritt zur Oberfläche der Lavasäule, wodurch letztere eine feste Kruste bildete, welche weitere Eruptionen verhinderte. Indessen stieg die Dampfspannung in dem abgeschlossenen Herde, und zuletzt kam es zu einer heftigen Explosion, welche die Kruste zerschmetterte und ungeheuere Mengen von Bimsstein und Staub hoch in die Luft schleuderte.

Am 26. August 1^h nachmittags trat die erste dieser schrecklichen Explosionen ein. Von da ab traten auch schon kleine Seewellen auf, welche am 27. August morgens 5^h 30^m zu alles vernichtender Grösse und Gewalt angewachsen waren. Am 27. folgten die grossen Explosionen, welche das Zerstörungswerk vollendeten. Die Rauchsäule wurde vom Kapitän der „Medea“, Thomson, 30000 *m* hoch geschätzt.

Aus dieser Geschichte der Eruption auf Krakatau ist ersichtlich:

1. Dass die vulkanische Thätigkeit vom 20. Mai bis 28 August ununterbrochen andauerte.

2. Dass die fürchterlichen, alles bisher in dieser Richtung Bekannte übertreffenden Ausbrüche vom 26. August 1^h nachmittags bis 27. August 10^h 52^m dauerten und sich fünf der allerheftigsten Ausbrüche feststellen lassen: 1^h nachmittags am 26., und 5^h 30^m, 6^h 44^m, 10^h, 10^h 52^m vormittags am 27., von welchen wieder der Ausbruch um 10^h vormittags am 27. der stärkste war.

3. Dass die sichtbare Höhe, welche die ausgeworfene Rauch- und Dampfmasse erreichte, selbst bei kleineren Ausbrüchen 11000 *m* war, bei den heftigsten Ausbrüchen aber bis zu 30000 *m* anstieg.

Was die Menge des Auswurfsmaterials betrifft, so ist dieselbe nicht festzustellen. Professor Judd lässt sich auf diese Frage nicht näher ein, da dieselbe in keiner Weise exakt zu lösen ist. Verbeek machte in seinem Werke über den Krakatau-Ausbruch einen Versuch, diese Menge aus dem Material zu berechnen, welches wieder, sei es in der Nähe von Krakatau, sei es weiter weg, niederfiel. Er gelangt bei dieser Rechnung zum Resultate, dass die Gesamtmenge des niedergefallenen Auswurfmateriales 18 *cbkm* betrage, und schätzt die in die hohen Regionen der Atmosphäre geschleuderte und suspendiert gebliebene Menge

auf weniger als 1 *cbkm.* Diese Schätzungen beziehen sich nur auf die Auswurfsmenge der grossen Katastrophe am 26. und 27. August. Es wäre dies gewiss eine auffallend geringe Menge gegenüber der Heftigkeit des Ausbruches, besonders wenn man die in ähnlicher Weise geschätzte Auswurfsmenge der Eruption des Tomboro von 1815 einigermassen als richtig anerkennt, welche zu dem enormen Werte von 120 *cbkm* führt, obwohl der letztere Ausbruch an Heftigkeit weit hinter dem Krakatau-Ausbruch von 1887 zurückblieb. Douglas Archibald erhebt denn auch seine Zweifel gegen die Richtigkeit der Schätzung Verbeek's, die gewiss vielfach begründet erscheinen. Trotzdem bleibt der Krakatau-Ausbruch in Bezug auf festes ausgeworfenes Material, auch wenn man die Schätzung Verbeek's noch so hinauf ausbessert, ein auffallend armer.

Auf Grund genauer Untersuchungen stellte Professor Judd fest, dass das Material, aus welchem die Lava und der Bimsstein gebildet wird, reich ist an eingeschlossenem Wasser und anderen flüchtigen und gasigen Einschlüssen, welche erst bei der Erhitzung sich zeigen. Wird diesem Materiale Wasser beigemengt, so wird es leichter schmelzbar und erreicht leichter eine weniger grosse Zähflüssigkeit, als ohne Beimengung von Wasser. Beim Krakatau-Ausbruche war dies in der That der Fall, und so konnten die eingeschlossenen Wasserdämpfe und Gase die weniger zähe Lavaflüssigkeit mehr zerfasern und beim Ausbruche selbst zerteilen und sich selbst Ausgang verschaffen.

Jedenfalls steht so viel fest, dass der Krakatau-Ausbruch eine ungeheuere Menge von Wasserdampf und Gasen ausgeworfen hat, und dass die sehr zerteilte und durch gegenseitige Reibung in der Luft zerstäubte äusserst spröde Masse eine überaus grosse Menge vulkanischen Staubes lieferte, der die in grosser Höhe der Atmosphäre aufsteigenden Gasmassen mit emporführen konnte.

Auch durch die Heftigkeit ihrer Detonationen zeichnete sich die grosse Krakatau-Katastrophe aus. Niemals ist auf der Erde ein Schall bis in solche Entfernungen von seinem Ursprunge vernommen worden, als der Donner jener Eruptionen. Die Begrenzung der Fläche, auf welcher derselbe gehört wurde, ist gegeben durch eine elliptische Linie, welche durch folgende Orte geht: Manila (2902), Dorey, Neu-Guinea (3240), Alice Springs in der Mitte von Australien (3593), Perth, Westaustralien (3060), Rodriguez (4745), Ceylon, Dutch Bay (3311), Tavoy, Birma (2378), Manila. Die eingeklammerten Zahlen geben die Entfernung vom Krakatau in Kilometern an. Diese grosse elliptische Fläche repräsentiert beiläufig den dreizehnten Teil der ganzen Erdoberfläche. Der vernommene Schall wird beschrieben „gleich einer heftigen Kanonade“, „wie der Donner ferner Geschütze“ u. s. w. Mehrfach wurden Schiffe von den Häfen ausgesendet, da man diese Detonationen für Signalschüsse von Schiffen in Gefahr hielt.

Pernter hat aus den Zeitangaben über den wahrgenommenen Donner feststellen können, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles gegen Norden (Birma) und Nordosten (Manila) am kleinsten, gegen Südwesten (Rodriguez) am grössten war; aber auch nach Südosten (Australien) war dieselbe sehr gross.

Die Explosionen, besonders diejenigen des 27. August, waren von gewaltigen Seewellen gefolgt, welche an den umliegenden Küsten ungeheuere Verluste nicht nur an Hab und Gut, sondern auch von Menschenleben verursachten. Die Städte Tyringin, Merak, Telok-Betong, Anjer, sowie kleinere Ortschaften an den Küsten wurden gänzlich zerstört und weggeschwemmt, und über 30000 Menschen kamen dabei ums Leben.

Die Untersuchungen über die Höhe der Wellen, besonders der grössten, welche dem Ausbruche von 10^h vormittags am 27. August folgte, ihrer Periode und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sowie der Entfernung, auf welche sie verfolgt werden konnte, wurden von Kapitän Warton sehr eingehend und gründlich durchgeführt. Es ergab sich:

Die Störung des Meeres war wahrscheinlich zusammengesetzt aus zwei Arten von Wellen: lange Wellen von Perioden grösser als eine Stunde und kurze Wellen von kurzer und unregelmässiger Dauer, die aber eine grössere Höhe hatten.

Die grösste Störung datiert wahrscheinlich von 10^h vormittags am 27. August. Die Welle erreichte dabei an der nahe gelegenen Küste eine Höhe von beiläufig 15 *m*. Nur die langen Wellen von etwa zweistündiger Periode wurden von den Flutmessern verzeichnet. Die Geschwindigkeit der langen und kurzen Wellen war nahe gleich. Unter der Annahme, dass sich die Angaben der Flutmesser auf die Welle von 10^h vormittags Krakatau-Zeit (27. August) beziehen, ergiebt sich, dass die Geschwindigkeit der Welle durchwegs kleiner war, als es die Theorie für die betreffenden Wassertiefen verlangt. Zu demselben Schlusse kommt Professor Milne in seinem neuen Werke: „Über Erdbeben“, bezüglich ähnlicher Seewellen, welche auf langen Strecken durch den Stillen Ozean verfolgt werden konnten. Der ersten grossen Welle gingen mehrere kleine von verschiedener Periode voraus. Gegen Nord und Ost lässt sich die grosse Welle nur 724 *km* weit verfolgen. Gegen Westen kann man sie bis Cap Horn und vielleicht bis zum englischen Kanal nachweisen. Die kleinen Wellen erreichten Ceylon und vielleicht Mauritius. Gegen Südost erreichte die Welle höchstens die Westküste von Australien. Die auf Neu-Seeland und im Stillen Ozean beobachteten Störungen standen in keinem Zusammenhange mit dem Krakatau-Ausbruche.

Aber nicht nur im Meere, sondern auch in der Luft wurden durch die Gewalt des Ausbruches Wellen erzeugt, die als Barometerschwankungen über den ganzen Erdball hinwegzogen.

General Strachey hat in dem obigen Werke alle einschlägigen Beobachtungen ausführlich behandelt. Es lagen ihm von 46 Stationen ausführliche Registrierungen des Barometerganges vor, und die Vergleichung aller Kurven ergab, dass die von Krakatau ausgehende barometrische Störung folgenden allgemeinen Charakter aufwies: Sie beginnt mit einem mehr oder weniger plötzlichen Anstieg, in dessen Höhe sich zwei bis drei kleinere Oszillationen zeigen, worauf eine tiefe Senkung kommt, welcher weniger ausgeprägte Erhebungen und Senkungen folgten. Frühere theoretische Untersuchungen von Lord Rayleigh ergaben, dass eine plötzliche Expansion eines elastischen, in einer Kugelhülle eingeschlossenen Gases, Oszillationen zur Folge hat, welche mit einer Kompressionswelle beginnen, der eine Expansionswelle folgt. Dies war nun in der That bei der Luftwelle, welche der Krakatau-Ausbruch verursachte, der Fall.

Eines der interessantesten Ergebnisse der Untersuchungen der Barographenkurven ist, dass die vom Krakatau ausgegangene Luftwelle sich nicht nur auf ihrem Wege vom Krakatau zu dessen Antipoden, sondern auch bei ihrer Rückkehr von den Antipoden zum Krakatau nachweisen lässt, ja dass an vielen Stationen das Vorübergehen dieser Luftwelle siebenmal, viermal auf dem Wege vom Krakatau zu den Antipoden und dreimal von den Antipoden zurück festgestellt werden konnte.

Die Geschwindigkeit der Luftwelle ergiebt sich nahe zu 314 *m* in der Sekunde, so dass wir annehmen müssen, dass sie sich mit der Schnelligkeit des Schalles fortpflanzte, wobei angedeutet ist, dass mit Schwächung der Energie auch die Geschwindigkeit der Welle abnahm. Über die optischen Erscheinungen, welche der Krakatau-Ausbruch in der Atmosphäre veranlasst, wird weiter unten die Rede sein.

5. Erdbeben.

Das Studium der seismischen Erscheinungen wird gegenwärtig mit grossem Eifer betrieben. Nicht nur sind mannigfache neue Apparate erfunden worden, um Zeit und Form genauer festzustellen, sondern man hat auch begonnen, die Erscheinungen selbst von mehr wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus zu betrachten, wenngleich die zur Zeit erhaltenen Resultate eigentlich mehr negativer Art sind, insofern sie zeigen, dass die früheren Ansichten über die Natur der Erdbeben, Tiefe und Gestalt des Erschütterungsherdes und Art und Weise der Ausbreitung der Bodenwellen, sehr erheblicher und teilweise völliger Umgestaltung bedürfen. In einzelnen Ländern, z. B. in der Schweiz und in Japan, sind vollständige Beobachtungsnetze organisiert worden, welche infolge der grossen Zahl der Beobachter und Instrumente gestatten, auch selbst sehr leise Regungen des Bodens zu erkennen

und in Bezug auf ihre Ausbreitung zu verfolgen. Auch interessante theoretische Untersuchungen sind zu verzeichnen, so die Arbeit von A. Schmidt über Wellenbewegung und Erdbeben[1], der nachweist, dass die stillschweigende Annahme von Erdbebenwellen als konzentrischen Kugeln mit geradlinigen Bebestrahlen eine durch nichts gerechtfertigte Hypothese ist.

Das Erdbeben von Charleston vom 31. August 1886 ist seitens der nordamerikanischen geologischen Landesvermessung in mustergültiger Weise untersucht worden. Der Umfang des damals erschütterten Gebietes war ein ungewöhnlich grosser, denn der erste und stärkste Stoss wurde von den Canadischen Seen bis zum Golf von Mexiko und vom Atlantischen Ozean bis ostwärts des Mississippi verspürt, in Charleston selbst aber wurden die furchtbarsten Verheerungen dadurch angerichtet. Das Erdbeben selbst stellte sich, nachdem schon am 27. und 28. August schwächere Stösse vorhergegangen waren, als ein Hauptstoss dar, dem ein schwächerer folgte, worauf eine geraume Zeit hindurch täglich schwache Stösse wahrgenommen wurden. Hayden hat eine Karte der Isoseismalen, d h. der Linien gleicher Intensität, und der Koseismalen oder der Linien gleichzeitiger Erschütterung konstruiert. Hiernach scheint das Epizentrum ein wenig nördlich von Charleston gelegen zu sein. Nach dem Berichte der Herren C. E. Dutton und E. Hayden war die Bewegung so stark, dass sie die Aufmerksamkeit des Publikums erregte innerhalb eines Kreises von 1610 *km* Halbmesser, und das erschütterte Gebiet hatte einen Flächenraum von 4—5 Millionen *qkm*. Die genannten Forscher glauben, dass, wenn genügende seismographische Apparate aufgestellt gewesen wären, die Grenzen des Erschütterungsgebietes sich noch mehr ausgedehnt ergeben würden. Man kann dem gewiss beipflichten, aber die Erwartungen bezüglich der Seismographen sollte man nicht zu hoch spannen. Die vielerlei Konstruktionen, welche man vorgeschlagen hat, und die zum Teil sehr sinnreich erscheinen, haben sich bis jetzt nur wenig bewährt, ja gelegentlich des grossen Erdbebens an der Riviera (23. Februar 1887), welches bis nach England und Spanien hin verspürt wurde, haben die zahlreichen Seismographen, die auf diesem weiten Gebiete vorhanden sind, ihre praktische Unzulänglichkeit aufs deutlichste gezeigt. Bezüglich des Charlestoner Erdbebens ist die Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung glücklicherweise in die Hände eines Mannes gelegt worden, der, weil mehr Astronom als Geologe, für dergleichen Untersuchungen geeignet und ausserdem als Forscher ersten Ranges längst bekannt ist, nämlich Simon Newcomb. Seine Arbeit, von der übrigens bis jetzt nur ein gedrängter Auszug erschienen ist, wird als

[1]) Jahresheft des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1888. p. 248.

Muster für die zukünftige Behandlung solcher Fragen dienen können. Infolge der regen Unterstützung, welche die Tagespresse der wissenschaftlichen Erforschung des Erdbebens zu Teil werden liess, waren an der Zentralstelle über 400 Zeitangaben eingelaufen. Von diesen wurden viele von vornherein unberücksichtigt gelassen, weil sie zu ungenau waren und nur aussagten, das Erdbeben wäre „um 10 Uhr herum“ oder „einige Minuten vor 10“ eingetreten; ebenso waren die Angaben zurückzuweisen, welche nach dem Sonnenstande gestellten Uhren entnommen waren. Es blieben sodann für die vorläufige Berechnung 316 Meldungen, welche alphabetisch geordnet wurden unter Angabe der Längen, Breiten und der Abstände vom Erschütterungszentrum. Die wichtigste Zeitbestimmung war die für das Zentrum, an welchem nach der Berechnung das Erdbeben etwa sechs Sekunden früher eingetreten, war, als in Charleston. Hier wurde die Zeit in der Weise festgestellt, dass unter den zahllosen stehen gebliebenen Uhren vier ausgewählt wurden, welche mit kompensiertem Sekundenpendel und mit Sekundenzeigern versehen waren und täglich mit dem Zeitsignal der Western Union Telegraph Co. verglichen wurden. Von diesen vier Uhren hatte am 31. August keine Abweichungen von mehr als neun Sekunden, und der mittlere wahrscheinliche Fehler war sicher viel kleiner als dieser Wert. Diese vier Uhren, von denen drei Eisenbahnstationsuhren sind, waren nun infolge der Erderschütterung stehen geblieben um $9^h 51^m$, $9^h 51^m 15^s$, $9^h 51^m 16^s$ und $9^h 51^m 46^s$. Obwohl diese vier Uhren für den Beginn des Erdbebens also eine Differenz von 48 Sekunden gaben, liessen sie sich doch mit einander vergleichen. Die Azimute der Schwingungsebenen ihrer Pendel sind nämlich verschieden, und wenn man sie in Beziehung bringt mit der Dauer und der Richtung der einzelnen Stösse, so ergiebt sich, dass die vierte Uhr höchstwahrscheinlich nicht von dem ersten Stoss, der in genau paralleler Richtung zur Schwingungsebene ihres Pendels erfolgt war, sondern erst von dem 30 bis 50 Sekunden späteren zweiten Stoss angehalten worden. Es wird ferner sehr wahrscheinlich, dass die erste Uhr bereits von der ersten schwachen Erschütterung, die zweite und dritte hingegen von dem Maximum des ersten Stosses angehalten wurden. Für die Zeit, in welcher das Maximum des ersten Stosses in Charleston eingetreten war, ergiebt sich also aus der sorgfältigsten Erwägung aller Umstände $9^h 51^m 12^s$. Aus der durch die vorliegende Untersuchung ermittelten Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung und aus dem Abstande des Zentrums von Charleston ergiebt sich für den Beginn des Erdbebens im Zentrum die Zeit $9^h 51^m 6^s$ Normalzeit des 75. Meridians. Die gesamten 316 Meldungen wurden nun nach den Zeiten und der Anzahl der betreffenden Angaben geordnet. Es mussten hierbei zunächst vier, welche vor $9^h 50^m$, und drei, welche nach 10^h lauteten, verworfen werden; ferner zeigte sich eine sehr auf-

fallende Neigung der Angaben zu Multipla von fünf Minuten; so lauteten 32 Angaben $9^h 50^m$, 86 auf $9^h 55^m$ und 13 auf 10^h. Es ist dies um so auffallender, als z. B. auf 9^h 49^m keine Angaben und auf 9^h 51^m nur sechs fallen; den 13 mit der Angabe 10^h folgen nur drei mit der Angabe 9^h 59^m Nach diesen und ähnlichen Gesichtspunkten wurden die Zuverlässigkeiten der Angaben geprüft und dabei 130 verworfen, so dass für die eigentliche Berechnung nur 186 übrig blieben. Diese Zeitangaben wurden in vier Gruppen gebracht. Die erste musste folgende Bedingungen erfüllen: Der Bericht musste den Anfang angeben oder die Zeit, wann die Erschütterungen bemerkbar geworden, er musste nicht nur die Minuten, sondern auch die Sekunden mit einer Unsicherheit von nicht mehr als 15 Sekunden geben; er musste endlich sich auf eine mit der Normalzeit verglichene Uhr stützen. Zu dieser Gruppe gehörten ausser Charleston noch fünf andere Beobachtungen. Die zweite Gruppe bestand aus Berichten, welche denselben Bedingungen entsprachen wie die erste, ausser der einen, dass sie nur die Minute oder halbe Minute, die dem Anfange am nächsten war, angaben; elf Berichte entsprachen diesen Bedingungen. Die dritte Gruppe umfasste alle übrigen nach Ausschluss der Gruppen I und II und die stehen gebliebenen Uhren; ein Teil von diesen enthielt die Angabe, dass es die Zeit des Anfanges gewesen, aber keine Notiz über den Zeitfehler, ein anderer Teil gab letzteren, aber nicht die Phase des Erdbebens an, und manche enthielten weder das eine noch das andere. Die Anzahl der Berichte dieser Gruppe beträgt 125. In die vierte Gruppe endlich sind die Berichte über Uhren aufgenommen, die durch den Stoss aufgehalten worden sind. Da der wahrscheinliche Fehler der vierten Gruppe unsicher ist, so ist es notwendig, dieselbe fortzulassen. Nehmen wir die Gewichte umgekehrt zu den Quadraten der wahrscheinlichen Fehler, so erhalten wir für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Sekunde:

		Gewicht
Gruppe I	5205 m + 168 m	2
„ II	5192 „ + 236 „	1
„ III	5171 „ + 116 „	4
Mittel:	5184 m $\pm$ 80 m	—

Es muss noch untersucht werden, ob die Data irgend eine Variation der Geschwindigkeit ergeben. Die Antwort darauf ist eine negative. Die Data stimmen nicht überein mit irgend einer systematischen Variation, und ein Mittel, eine unsystematische Schwankung zu erkennen, giebt es offenbar nicht. Eine kleine unregelmässige Schwankung, wie sie veranlasst werden könnte durch Änderung der Dichtigkeit und Elastizität des fortpflanzenden Mediums würde sich wohl mit den Daten in Einklang bringen lassen können, aber der Nachweis einer solchen kann von den Beobachtungsfehlern nicht getrennt werden.“ Man erkennt aus

diesen Ausführungen sogleich den vorsichtigen und erfahrenen Forscher, der sich stets der Tragweite seiner Schlüsse bewusst bleibt und weit entfernt ist, von jenen weiten Folgerungen aus ungenügendem Materiale, die man so oft in Schriften über Erdbeben findet, welche von Geologen verfasst sind, denen das Rüstzeug des mathematisch geschulten Gelehrten abgeht. Was die Tiefe des Stossherdes beim Charlestoner Erdbeben anbelangt, so haben Dutton und Hayden zu dessen Bestimmung einen eigentümlichen Weg eingeschlagen, der sich auf die Abnahme der Intensität der Stosswellen vom Epizentrum stützt. Als Orte des Epizentrums, d. h. derjenigen Punkte auf der Erdoberfläche, unter welchen senkrecht der Stossherd sich befand, sind nach Sloan drei Punkte zu betrachten, welche sich auf einer Linie westlich und nordwestlich von Charleston befinden. Hierauf gestützt finden Dutton und Hayden als wahrscheinliche Tiefe des Erdbebenherdes 12 Miles, mit einer Unsicherheit von $^1/_{22}$ bis $^1/_8$ dieses Wertes. Die beiden amerikanischen Forscher halten diese Tiefe für verhältnismässig ziemlich richtig ermittelt, eine Ansicht, der man allerdings nicht so unbedingt beistimmen kann. Indessen sind alle bisherigen Bestimmungsweisen der Tiefen von Erdbebenherden theoretisch und praktisch anfechtbar. Was beim Charlestoner Erdbeben die Intensität der Erscheinung innerhalb der davon betroffenen Flächen anlangt, so ist es merkwürdig, dass manche Strecken nur wenig betroffen wurden, während rings um dieselben starke Wirkungen erfolgten. Die Apalachen waren ein solches Gebiet geringer Erschütterung, doch ohne dass sie imstande waren, die Fortpflanzung des Bebens aufzuhalten, denn im südlichen Teile sind die Stösse selbst in den Bergen kräftiger, und im Westen und Nordwesten von der Gebirgskette nimmt die Kraft der Wellenbewegung sogar noch mehr als ihre gewöhnliche Stärke an. Ein anderes Gebiet relativer Ruhe findet sich im südlichen Indiana, in Illinois und Alabama. Sehr merkwürdig ist, dass am 6. Februar im südlichen Indiana und in Illinois ein starkes Erdbeben sich gezeigt hat, und dass die Ausdehnung desselben zusammenfällt mit der Ausdehnung des Minimumgebietes beim Erdbeben vom 31. August; diese Übereinstimmung ist vielleicht nur eine zufällige. In dem jüngeren Delta des unteren Mississippi nimmt die Intensität schnell ab, und auch aus den Mittelstaaten werden Gegenden von verhältnismässig geringer Intensität angegeben, deren Begrenzung jedoch wegen der Schwierigkeit der Intensitätsschätzung nicht fehlerfrei ausgeführt werden kann. In den Staaten Nordcarolina, Südcarolina, Georgia und im nordöstlichen Florida, also innerhalb 250 Miles vom Zentrum, war die Energie der Stösse sehr gross und verbreitete überall Schrecken; in den Städten, welche innerhalb 200 Miles von Charleston entfernt sind, haben Häuser und Gebäude mehr oder weniger von den Erschütterungen gelitten; und diese Beschädigungen

nehmen an Ausdehnung und Intensität zu, je mehr man sich dem Mittelpunkte der Störung nähert Das Gebiet unmittelbar über dem Herde zeigt, wie bei grossen Erdbeben stets, Erscheinungen, verschieden von den in einiger Entfernung beobachteten, nicht bloss dem Grade, sondern auch der Art nach, und ihre besondere Form hört ziemlich plötzlich auf, wenn man von dem Gebiete des Epizentrums sich nach aussen begiebt.

Das Erdbeben in der Ost-Schweiz am 7. Januar 1889 ist von Cl. Hess untersucht worden [1]). Dieses Erdbeben machte sich nördlich bis nach Burgstall in Württemberg, südwärts bis Airolo, östlich bis Ulm und westlich bis Basel fühlbar, auf einem Flächengebiete von etwa 15 000 *qkm* von der Gestalt eines unvollständig gebogenen Hufeisens. Die Biegungsstelle fällt auf den Landstreifen zwischen dem Nordfusse des Säntis und dem Untersee. Von dort sind auch die zahlreichsten Meldungen eingelaufen, und ebendahin ist der Streifen grösster Intensität zu verlegen. „Die Richtungsverhältnisse in diesem Streifen sind derart, wie wenn die ganze Molassemasse eine Bewegung in der Richtung N-S gemacht und die in den Thälern liegenden Massen geringerer Konsistenz Pressungen erfahren hätten, welche ein wellenförmiges Ausweichen nach den sich ausweitenden Thalmündungen zur Folge haben mussten.“ Aus zuverlässigen Beobachtungen geht hervor, dass die Bewegung nicht auf der ganzen Fläche gleichzeitig war, sondern dass zwischen Bischoffszell und der Strecke Oberuzwil-St. Gallen eine Linie existiert haben muss, längs welcher die Bewegung begonnen und sich sowohl nord- wie südwärts fortschreitend ausgebreitet hat. Diese Scheidelinie für die Richtung der fortschreitenden Bewegung liegt nun in der Nachbarschaft derjenigen Linie, längst welcher die horizontalen Molasseschichten in gegen die Säntiskette hin gefaltete übergehen.

Die Bewegung war im ganzen Erdbebengebiet derart, dass das gemeinsame Grundgestein, die Molasse, auch eine gemeinsame, in allen Teilen nahezu parallele Verschiebung erlitten hat. Die Verschiebung erfolgte normal zur nördlichsten Antiklinale der Molasseschichten. also auch senkrecht zum Nordabfall der Alpen, im Mittel von NNW nach SSE. Dieselbe nahm ihren Anfang längs der Linie, in welcher die horizontal gelagerten Schichten in Faltungen übergehen. Gegen NNW hin bestand die Bewegung in einem Nachziehen, gegen SSE in einem Vorschieben. Die in den Thälern auf und vor den festen Massen liegenden, geschichteten aber weniger kompakten Ablagerungen neuesten Datums erfuhren Pressungen, welche sich wellenartig in der Richtung der jeweiligen Thalaxe (W-E) gegen die Thalmündungen fortpflanzten.“

Dieses Ergebnis wird durch die Zeitangaben bestätigt,

---

[1]) Mittheil. der Thurgauer naturf. Ges. 1889. Heft 10.

welche zeigen, dass die Bewegung längs der ganzen west-östlich verlaufenden Linie Zug - Niederuzwil gleichzeitig begonnen und sowohl nach Norden wie nach Süden sich fortgepflanzt hat, wobei für die Molasse eine Geschwindigkeit von 333 *m* festgestellt werden konnte. In den Quartärbildungen pflanzte sich die Wellenbewegung in der Sekunde nur 93 *m* fort. Die Bewegung ging durch die Alpen und das Juragestein, dort nach Sargans, Ennenda, Airolo, hier nach Tübingen, Esslingen, Stuttgart fort, und zwar mit der bedeutend grösseren Geschwindigkeit von 1400 *m* im Jura und von 1500 *m* in den Alpen. Das Erdbeben begann somit auf der Linie Zug-Niederuzwil-Arbon-Langenargen-Buchloe um 11^h 53^m und endigte auf der Südseite in Airolo um 11^h 54^m, auf der Nordseite in Kandern und Todtnau im Schwarzwalde um 11^h 56^m 10^s, in Stuttgart um 11^h 56^m 40^s. Die ganze Erscheinung auf dem Flächengebiete zwischen Airolo und Stuttgart, Basel und Ulm bedurfte demnach zu ihrer Abwickelung im Maximum nur 4 Minuten. Schallerscheinungen wurden an den meisten Orten beobachtet; sie gingen den Erschütterungen entweder voraus oder folgten ihnen nach. Die Untersuchung lehrte nun, dass die Orte, welche das Geräusch vor, sowie vor und nach der Erschütterung hörten, den Quartärbildungen angehörten, während es an den Orten auf den Molassefelsen niemals vorher, sondern entweder gleichzeitig oder später wahrgenommen wurde. Dies erklärt sich nach Hess daraus, dass in der Molasse die Erdbebenwelle sich mit der Schallgeschwindigkeit (333 *m*) fortpflanzte, während im Quartär die Welle sich viel langsamer als der Schall fortbewegte.

Nach dem Hauptbeben wurden am 7., 9., 10., 11., 25. und 26. Januar noch acht zeitlich getrennte Nachbeben beobachtet, deren Intensität nur von geringem Grade war. Was die Ursache dieses Erdbebens anbelangt, so glaubt Hess, dass die zwischen den kristallinischen Wällen der Alpen und des Jura abgelagerte, feste Molasseschicht infolge der langsamen Zusammenziehung der sich abkühlenden Erde starke Pressungen erfährt Ihr Widerstand ist dort, wo die ebenen Schichten in die gefalteten übergehen, am schwächsten, und hier entsteht, wenn die Spannung einen hohen Grad erreicht hat, die Verschiebung längs einer Linie, von der aus sich die Erderschütterung nach Süden als Verdichtungs-, nach Norden als Verdünnungswelle fortpflanzt und in den aufgelagerten Quartärschichten sekundäre, öfters reflektierte Wellenbewegungen veranlasst.

Das Erdbeben vom 31. Januar 1887 in der Nordost-Schweiz liess gemäss den Zusammenstellungen von Ch. Tarnutzer [1]) sowohl nach Richtung als Zeit kein Epizentrum erkennen. Der Hauptstoss trat nahezu gleichzeitig auf einer quer zur Streichungs-

---

[1]) Die Schweizer Erdbeben im Jahre 1887. Bern. Stümpfli.

richtung der Alpen liegenden Zone auf, welche die Kantone Aargau, Schwyz, Thurgau, Zürich, St. Gallen, Apenzell, Glarus und den nordwestlichen Teil Graubündens umfasste. Dem wellenförmigen Hauptstosse folgte ein 2—3 Sekunden dauerndes Zittern und gleichzeitige Schallerscheinung (Rauschen oder Rollen).

Das ligurische Erdbeben vom 23. Februar 1887 ist von Taramelli und Mercalli untersucht worden [1]). Demselben gingen, ebenso wie den früheren Beben 1752 und 1854, schwächere Stösse vorauf, besonders in der Nacht vom 22. bis 23. Februar, die ordentlichen Stösse folgten am Morgen des 23. Februar 6^h 22^m, 6^h 31^m und 8^h 53^m mittlerer Zeit von Rom. Der erste und stärkste Stoss war undulatorisch und soll 30 Sekunden gedauert haben. In Oreglia war die Wurfkraft dieses Stosses so gross, dass sie einem Stück Hausgesimse von 2500 *kg* Gewicht eine horizontale Bewegung von 9.4 *m* erteilte. An manchen Orten in der Zone der stärksten Erschütterung will man vor der Bewegung des Bodens ein Geräusch vernommen haben gleich dem Rasseln eines Eisenbahnzuges oder eines über Pflastersteine fahrenden Wagens oder gleich fernem Donner. Zur Ermittelung der Richtung des ersten Stosses haben die Schwankungen von Lampen, Verschiebungen und Fallrichtungen von Gegenständen, Stillstand der Pendeluhren, Situation der Zerstörung an Gebäuden gedient. Es ergab sich folgendes:

1. In dem ganzen, am meisten erschütterten Teile des ligurischen Apennins existierte keine vorherrschende Richtung; dies weist auf ein linienförmiges Epizentrum parallel zur ligurischen Küste hin, wie bereits einige vermutet haben. Hingegen herrschten in den Orten im Osten vom Meridian von Oneglia die Richtungen zwischen Ostnordost, Westsüdwest und Nordost-Südwest vor, und in denen westlich von diesem Meridian waren die Wellen in grosser Mehrheit zwischen Ostwest und Südost-Nordwest. 2. An vielen Orten wechselte während des ersten Stosses zwei- und vielleicht mehrmal die Schwingungsebene der Erdbebenbewegung, so dass man in ihnen die Richtung des Hauptstosses oder die Richtung der Erdbebenwellen, die mit geringer Abweichung direkt vom Zentrum und von der vertikalen Hauptbewegung kamen, unterscheiden konnte von den sekundären Wellen aus anderer Quelle. Oft fanden sich unter den verschiedenen Richtungen zwei vorherrschende, die zu einander senkrecht standen. 3 Ausserhalb des „zentralen“ Gebietes, besonders im Paduaner Thal, herrschte die auf das Hauptzentrum der Erschütterung hinweisende Richtung nur gegen Ende des Stosses vor, während es scheint, dass am Anfange die kristallinischen Gesteine der Westalpen, die einige Momente vor den benachbarten rezenten Terrains erschüttert wurden, die Erdbeben-

---

[1]) Atti della R. Accad. dei Lincei Rendiconti 1888. [4] **3.** (2) p. 3.

bewegung abgelenkt haben nach der Axe des Paduaner Thales mit einer nahezu Ost-West-Richtung. 4. Trägt man alle bedeutenderen Richtungen auf eine topographische Karte des westlichen Ligurien ein, so sieht man, dass sie in grosser Mehrzahl im Meere zwischen Oneglia und S. Remo, und zwar zwischen 15 und 25 *km* etwa im Süden vom Strande konvergieren. Dorthin, muss man das oberflächliche Zentrum oder das Hauptepizentrum des Erdbebens verlegen, und dies wird besonders bestätigt durch die allgemeine Gestalt der isoseismischen Kurven, die merklich konzentrisch sind zu einem Gebiet, das etwa 20 *km* südlich liegt von P. Maurizio. Diese Bestimmung wird noch durch andere Thatsachen bestätigt, weche es wahrscheinlich machen, dass ein sekundäres Zentrum nahe bei Nizza im Meere gelegen. Aus der Vergleichung der zuverlässigeren Angaben über die Zeit des Hauptstosses ergab sich, dass die Orte der ligurischen Küste zwischen Nizza und Savona von dem grossen Stosse getroffen wurden um 6^h 20^m morgens. Vergleicht man diese Zeit mit denjenigen, in welchen der Stoss an den einzelnen Orten angekommen, so findet man, 1. dass im allgemeinen (von dem angenommenen Epizentrum ausgehend) alle allmählich zunehmen, was die Bestimmung des Epizentrums bestätigt; 2. dass die Erdbebenbewegung sich mit etwas verschiedener Geschwindigkeit in verschiedenen Richtungen, vom Erschütterungszentrum ausgehend, fortpflanzte; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit war z. B grösser nach Westen, also nach Nizza und Marseille (im Mittel 1452 *m*) und kleiner nach Genua (im Mittel 584 *m*). Nur an wenigen Orten war es möglich, mit einiger Genauigkeit den Winkel des Aufsteigens des Stosses zu bestimmen, jedoch scheint der Wert von etwa 40^0 hinreichend sicher zu sein für verschiedene Orte zwischen S. Remo und Albenga Stützt man sich auf diese Daten und auf die weniger schnelle Abnahme des Winkels mit der Entfernung vom Zentrum bei dem ligurischen Erdbeben im Vergleich zu dem andalusischen vom 25. Dezember 1884, so kommt man zum Schlusse, dass die Tiefe des Hauptzentrums auf etwa 18 *km* angegeben werden kann, und etwas geringer die des sekundären Zentrums im Nizza-Meere. Vielleicht hatten die vorangehenden Stösse und der grösste Teil der nachfolgenden auch im Hauptzentrum ihren Sitz; die ersten in einer grösseren Tiefe, die letzteren in geringerer als der verheerende Stoss, d. h. das Zentrum hätte sich nach den ersten seismischen Anstrengungen in der Nacht vom 22. zum 23. nach der Oberfläche hin verschoben. Der grosse Stoss vom 23. Februar wurde im Meere zwischen Corsika und der westlichen Riviera von mehreren Fahrzeugen wahrgenommen, welche nach allen Richtungen gestossen wurden, wie wenn sie auf einen harten Boden aufgefahren wären. Fast an allen Orten der Riviera hatte das Meer am Strande im Moment des ersten Stosses sich ein wenig gesenkt und kehrte dann plötzlich in sein früheres

Niveau zurück, ohne jene heftigen Wellen, welche den grossen Stössen bei anderen Küsten-Erdbeben folgten. Sicher ist die Thatsache, dass in Nizza, in S. Remo und in Savona nach dem Erdbeben am Strande tote Fische gesammelt worden sind. Nach Belotti sind die in Nizza gesammelten, toten Fische Bewohner beträchtlicher Tiefen. Derselbe, Belotti, fand wenige Tage nach dem Erdbeben im Meere von Nizza viele Exemplare von Aelepocephalus rostratus, einem Fische der grossen Tiefe. Es scheint daher, dass in der Tiefe des Meeres bei Ligurien gleichzeitig mit dem Erdbeben heftige Erscheinungen aufgetreten sind, welche wiederum die bereits bestimmte Lage des Erschütterungszentrums bestätigen. Das Erdbeben erzeugte auf dem Lande nur oberflächliche und wenig bedeutende Veränderungen, welche keine innige Beziehung zur inneren Ursache der Erscheinung zeigen, indem sie offenbar nur dynamische Wirkungen sind, die veranlasst wurden durch die Fortpflanzung der Erdbebenbewegung in den oberflächlichen und weniger festen Erdschichten, welche zerbrachen oder leichte Verschiebungen erlitten und so die Zirkulation des wenig tiefen Wassers verschieden veränderten. Dieser Mangel an wichtigen Erscheinungen im Boden, wie sie gewöhnlich aufzutreten pflegen in der Nähe des Epizentrums eines grossen Erdbebens, bestätigt immer wieder, dass das Erschütterungszentrum nicht auf den Kontinent verlegt werden darf in die Nähe der am meisten verheerten Orte, sondern ins Meer, wie oben gezeigt ist. Im Gefolge des Stosses vom 23. Februar fehlten jene atmosphärischen Erscheinungen, welche eine ausserordentliche Bildung atmosphärischer Elektrizität bezeugen, wie sie nach dem grossen andalusischen Erdbeben von 1884 aufgetreten sind. Hingegen ist wohl verbürgt die Entwickelung starker Erdströme im Momente des ersten Stosses des ligurischen Erdbebens. Mit weniger Sicherheit wurden verifiziert Störungen in den Magnetnadeln, aber jedenfalls nur lokale und unbedeutende: auf jeden Fall sind sie als indirekte Folgen der seismischen Erscheinungen zu betrachten und ohne deutlichen Zusammenhang mit der inneren Ursache des Erdbebens. Etwa neun Minuten nach dem ersten Stosse folgte ein zweiter sehr starker und langer, der die Verheerungen vermehrte; dann gegen $8^h\ 53^m$ folgte ein dritter kurzer, der stärker war als der zweite, aber weniger als der erste, und der verheerendste von allen. Infolge des dritten Stosses stürzten in Diano, Marina, Bussana etc. weitere Häuser ein, und wurden noch mehr Menschen getötet und verwundet. Sehr leicht wurden der zweite und besonders der dritte Stoss bemerkt in dem ganzen Gebiete, in dem der erste bemerkbar war In der Zentralzone traten ziemlich zahlreiche (etwa 22) leichte Wiederholungen auf, während des ganzen Tages am 23. und in der Nacht vom 23. zum 24.; eine einzige war stark (um $2^h\ 20^m$), dann nahmen die leichten Wieder-

holungen allmählich an Häufigkeit ab, aber sie kehrten noch zahlreich wieder bis zum 11. März, wo die heftigste aller Wiederholungen nach den drei ersten Stössen eintrat. In Savona wurden vom 23. Februar bis zum 11. März circa 50 deutliche Stösse gezählt. Im ganzen wurden durch die drei ersten Stösse, die einzig zerstörenden, 640 Menschen getötet und fast ebensoviele verwundet.“

Bei Prüfung des in der Schweiz gesammelten Materials kommt Tarnutzer[1]) zu der Meinung, dass der fast gleichzeitige Eintritt der Erschütterung beim ligurischen Erdbeben zeige, dass die Bewegung weder von einem Punkte, noch von einer Linie der Erdoberfläche, sondern durch eine grosse, ihre Stellung verändernde Erdscholle hervorgerufen wurde. Dieser Schluss scheint freilich durch die Zeitangaben nicht gerade geboten zu sein, obgleich das Beben sich sonst wohl als tektonisches kennzeichnet. Tarnutzer meint, dass im Golf von Ligurien, der ein eingesunkenes Stück Erdrinde ist, am ziemlich steil abstürzenden bogenförmigen Küstenrande eine unterseeische Scholle sich gegen die Tiefe bewegte, und zwar nahezu gleichzeitig auf allen Punkten ihrer Fläche Aus der Bewegung des Meeres an der Küste könne man ersehen, dass die Ursache der Erschütterung eine Senkung im Meere gewesen sei.

Die Bodenerschütterungen, welche dieses Erdbeben verursachte, haben, soweit sie durch seismische oder magnetische Instrumente nachweisbar wurden, eine ausserordentliche Ausdehnung gehabt; sie sind in Basel, Paris, Köln, Brüssel, Greenwich, Wien und Lissabon durch die Instrumente angezeigt worden. Die genaueren Angaben an diesen Orten führen im Mittel auf eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 2000 bis 2500 *m* in der Sekunde, also erheblich mehr als Taranelli und Mercalli aus den Beobachtungen in der Nähe des Herdes der Erscheinung fanden.

Das Erdbeben, welches am 12. Juli 1889 in Wjernoje in Zentralasien grosse Verheerungen anrichtete, machte sich in seinen Erschütterungen an den Libellen der berliner Sternwarte bemerkbar[2]). Die Erscheinung begann $11^h 27^m$ mittlerer Zeit von Berlin und wurde vom Beobachter A. Markuse sogleich als Wirkung eines fernen Erdbebens erkannt. Das Zentrum des Erdstosses lag $4^h 14^m$ östl. von Berlin und 10.5^0 südlicher als diese Stadt, in einer Entfernung von etwa 4600 *km*. Dabei fand der Erdstoss in Wjernoje $11^h 1^m$ mittlerer Zeit von Berlin statt, während die Erdbebenwelle in Berlin nach Verlauf von 26 Minuten, zur Wahrnehmung gelangte. Dasselbe Erdbeben hat sich auch durch mechanische Störungen an den mag-

---

[1]) A. a. O. p. 27.

[2]) Astronomische Nachrichten Nr. 2910

netischen Apparaten zu Powlowsk bemerkbar gemacht[1]) Die Entfernung beider Punkte beträgt 4836 *km*, und nach Wild würde die erste Bewegung 23 Minuten gebraucht haben, um diese Distanz zu durchlaufen, was auf 35 *km* pro Sekunde führt. Dieser Wert weicht um etwa $^1/_7$ von demjenigen ab, der sich aus der Beobachtung von Markuse ergiebt, doch ist letzterer (nahezu 30 *km* in der Sekunde) jedenfalls vorzuziehen, da die selbstregistrierenden Apparate, sobald es sich um die einzelne Minute handelt, meist unzuverlässig sind.

Jährliche Periode der Erdbeben. Die in Norwegen seit 1834 aufgezeichneten (328) Erdbeben hat J. Ch. Thomassen nach Monaten geordnet[2]) und ein Maximum im Winter, sowie ein Minimum im Sommer gefunden. Die Periodizität tritt sehr deutlich hervor, und die Kurve der Häufigkeit stimmt völlig mit derjenigen der Verteilung von 1228 schweizer Erdbeben, welche Otto Volger aufführte. Hann[3]) hat beide Reihen vereinigt und den normalen jährlichen Gang der Erdbebenhäufigkeit rechnungsmässig dargestellt. Das Maximum fällt hiernach Anfang Februar, das Minimum nahe Mitte Juni.

Beziehungen der Erdbeben um Wernyj 1887 zu den meteorologischen Erscheinungen sind von A. Wosnessenskij hervorgehoben worden[4]). Er fand, dass 71 % aller damaligen Erdstösse bei fallendem, 29 % bei steigendem Barometer eintraten, ferner 61 % bei unternormalem, 39 % bei übernormalem Luftdruck.

Eine sehr umfassende Zusammenstellung über die Häufigkeit der Erdbeben in den verschiedenen Monaten des Jahres und in verschiedenen Ländergebieten hat Knoll gegeben[5]). Um die Einwirkung etwaiger sekundärer Perioden zu eliminieren, hat er die Häufigkeit durch drei Monatsmittel dargestellt und giebt folgende Tabelle:

	Japan	Europa	Griechisch. Archipel	Ostindisch. Archipel	Neuseeland	Chile
	1872—80	306—1842	1859—81	1873—81	1869—79	1871—81
Januar	24.7	**147.7**	184.5	30.4	19.1	8.5
Februar	24.0	138.6	223.4	32.5	22.6	6.4
März	23.3	119.4	**232.6**	31.1	20.5	6.4
April	22.6	104.6	194.4	30 4	19.1	9.2
Mai	21.2	94 7	177.5	31.1	17.7	12.0
Juni	21.9	95.4	164.7	30.4	19.1	14.8
Juli	19.7	100.4	195.1	**33.2**	22.6	17.0
August	14.9	101.8	177.5	29.0	**24.0**	**17.7**
September	15.5	110.2	**258.1**	**33.2**	22.6	16.3
Oktober	19.1	110.9	244.6	29.7	20.5	15.6
November	**25.5**	123.7	241.8	30.4	17.0	14.1
Dezember	**25.5**	136.4	188.1	29.0	19.1	12.7

[1]) Comptes rendus **109.** p. 164.
[2]) Bergens Museums Aarsberetning for 1888.
[3]) Meteorologische Zeitschrift 1890. p 77.
[4]) Repert. für Meteorologie **12.** Nr. 4. Petersburg 1888.
[5]) Transact. Seismol. Soc. Japan. **9.** p. 1.

Verhalten der Tiere bei Erdbeben. Andries hat die Angaben hierüber gesammelt und diskutiert [1]).

Untermeerische Erdbeben und Vulkanausbrüche. Diese Erscheinungen sind, selbst was das lediglich Thatsächliche anbelangt, noch sehr wenig untersucht worden. Neuerdings hat jedoch E. Rudolph in einer sehr bemerkenswerten Studie [2]) durch Zusammenstellung und kritische Beleuchtung des vorhandenen Materials einen sehr wichtigen Beitrag zur genaueren Kenntnis derselben geliefert. Er definiert zunächst die „Seebeben“ als „Erderschütterungen, deren Ursprung im Meeresboden liegt, und die sich, auf die ozeanische Wassermasse übergehend, in derselben als Elastizitätswellen fortpflanzen“, eine Definition, der man nur beipflichten kann. Was den allgemeinen Eindruck anbelangt, welchen ein Seebeben hervorruft, so ist es stets der, „als wenn das Schiff den Boden berührt hätte und mit schneller Fahrt darüber hinweg gezogen würde, oder als ob es wie beim Stranden auf Grund geraten wäre oder auf ein Korallenriff gestossen hätte. Die Intensität der Seebeben ist natürlich ausserordentlich verschieden. Bald ist es nur ein leises, fremdartiges Zittern, welches dieselbe im Schiffe hervorbringt, und welches auch wohl als Erschütterung bezeichnet wird, die jedoch nicht stärker ist, als wenn die Ankerkette ausläuft oder ein schwerer Gegenstand über Deck gerollt wird; bald macht sich eine stossende Bewegung an Deck wahrnehmbar, wodurch das Schiff ins Schwanken gerät, Masten und Raen erzittern, und das Steuerruder hin und her stösst, so dass das Schiff demselben nicht gehorcht; bei noch stärkeren Stössen werden selbst schwere Gegenstände umgeworfen und Leute in die Höhe geschleudert; endlich können die schrecklichsten Stösse Schiffe entmasten und arge Beschädigungen anrichten, das ganze Schiff gerät in Konvulsionen, als ob es in Stücke fallen wolle. In solcher Stärke treten die Seebeben glücklicherweise nur selten auf, in den weitaus meisten Fällen gehen sie nach längerer oder kürzerer Dauer, ohne ernstlichen Schaden zu verursachen, vorüber.“ Virlet d'Aoust beschreibt ein Seebeben an der Küste Kleinasiens, wobei das Schiff, eine französische Korvette, dermassen erschüttert wurde, dass man einen Augenblick die gänzliche Zertrümmerung desselben befürchtete. Es war dies die Folge eines vertikalen submarinen Stosses, und die Korvette wurde durch denselben heftig in die Höhe gehoben. Rudolph beweist nun durch eine lange Reihe von zuverlässigen Zeugnissen, dass auch der stärkste Vertikalstoss durchaus nicht notwendig eine Welle an der Meeresoberfläche zur Folge hat, ja dass bei glattem Seespiegel und Windstille auch der intensivste Stoss eine Änderung im Zustande des Meeres nicht hervorruft.

[1]) Potonié's Wochenschrift 1889. Nr. 18.
[2]) Gerlandt, Beiträge zur Geophysik 1887. 1. p. 133 u. ff.

Diese Thatsache kann als durchaus feststehend betrachtet werden, ebenso sicher ist es aber auch, dass in gewissen, wie es scheint, aber seltenen Fällen, das Meer sich zu mächtigen Wellenbergen erhob, die bei ihrem Fortschreiten über den Ozean als hohe Wogen sich kenntlich machten. In anderen Beispielen wird berichtet, dass das Meer längsseits des Schiffes oder unter demselben zu sieden schien, oder dass das Wasser in Strahlen von 12 bis 15 Fuss Höhe emporgeschleudert wurde, als wenn es kochte. Dass dies wirklich durch vertikale Bodenstösse hervorgerufen werden kann, dafür liefert Rudolph einen experimentellen Beweis, dagegen betont er sehr richtig: Die Entstehung der Flutwellen, die bei allen den angezogenen Erdbeben eintrat und bei dem amerikanischen vom Jahre 1869 zu Iquique, Arica und Paragua nach der vorhergehenden Senkung des Meeresspiegels um 16 Fuss, ein Steigen des Meeres um 6 Fuss über sein gewöhnliches Niveau veranlasste, darf dem Aufwallen des Wassers auf keinen Fall zugeschrieben werden. Auffallend ist, dass der Dampfer „Payta" trotz der Nähe am Lande von der Flutwelle nicht das geringste merkte, obgleich sie fast ebenso verderblich gewesen sein soll wie die von 1868. während doch der Dampfer „John Elder" am 9. Mai 1877 in einer Entfernung von 23 Seemeilen von der Küste von der aufflutenden See auf einen steilen Wellenberg gehoben wurde: „ein schäumender Abgrund sog die Gewässer an den Flanken auf, während die Schraube mit unheimlichem Geräusch, in der Luft sich drehend, zischte, dann bog sich das Schiff vorn über und stürzte mit tosendem Geklatsche in die Tiefe. Besonders zu beachten ist noch die geringe Verbreitung der Flutwelle, die, wie auch durch andere Beispiele bestätigt wird, oft auf ganz lokal beschränktem Gebiete auftritt, während in geringer Entfernung davon keine Spur einer Welle zu sehen ist. Das Erdbeben, welches am 7. September 1882 den Isthmus von Panama durchsetzte und auch auf See sich bemerkbar machte, hatte weder zu Panama, noch zu Colon irgend welche Wellenbewegung zur Folge, was besonders betont wird, während in Miguel la Borda, 35 Seemeilen westlich von Colon, die Flut zu einer ungewöhnlichen Höhe stieg. Die Schallerscheinungen, welche Seebeben zu begleiten pflegen, sind sehr verschieden: bald rollend, rasselnd, brausend, bald als Zischen, Stöhnen oder Heulen geschildert, bisweilen mit dem Rollen eines schwer beladenen Wagens oder dem entfernten Donner verglichen, oder auch dem Geräusch, welches unter Wasser abgelassener Dampf verursacht, der in donnerndem Poltern stossweise brüllt. Meist scheint das Geräusch unterseeisch zu sein, bisweilen heisst es auch, es komme aus der Atmosphäre. Eine Beeinflussung der Magnetnadel bei Seebeben wird meist nicht gemeldet, einige wenige entgegengesetzte Beispiele hat Rudolph gesammelt und glaubt, dass wirklich magnetische Störungen beobachtet worden seien. Uns scheint

dies mehr als zweifelhaft, so weit man dabei über die lediglich mechanische Einwirkung auf die Bewegung der Kompasse hinausgeht. Was die Dauer des einzelnen Seebebens anbelangt, so hat Rudolph 105 Angaben sammeln können, worunter 60 eine Dauer von 1 bis 60 Sekunden ergaben, 4 gehen bis zu 10 Minuten, 5 über 10 Minuten. Diese Angaben sind sicherlich meist alle zu hoch, und es ist auch nicht schwer, den Grund der Überschätzung zu finden; der Irrtum wird durch die eigentümliche Bewegung des Schiffes hervorgerufen, die natürlich länger andauert als der Stoss. Es ist gar keine Veranlassung, zu glauben, submarine Bodenstösse seien von längerer Dauer als solche, welche das Festland treffen. Was die Ausbreitung der Seebeben, die Grösse des Schüttergebietes, anbelangt, so lässt sich aus naheliegenden Gründen hierüber nur in seltenen Fällen etwas Genaues ermitteln Rudolph hat einige Beispiele genauer diskutiert und fand in denselben, dass die seitliche Ausdehnung der Schütterbewegung eine geringe war. „Sollte es“, sagt er, „ferner ein blosser Zufall sein, dass so höchst selten ein Fortschreiten der Erschütterung unter dem Schiffe durch konstatiert werden konnte, dass meistens von einem Stoss die Rede ist, welcher ein mehr oder minder starkes Erzittern des Schiffes hervorruft? Der fast stehend gewordene Ausdruck, es habe den Anschein gehabt, als sei das Schiff auf eine Untiefe aufgefahren oder habe auf ein Riff gestossen, deutet meiner Meinung nach auf kurze, succussorische Stösse, welche das Schiff vertikal von unten treffen. Es liegt in der Natur der vertikalen Erdbeben und in den Eigenschaften des flüssigen Mediums, durch welches die Stösse sich verbreiten, begründet, dass ihre seitliche Fortpflanzung geringe ist. Die submarinen Erdbeben haben in vieler Hinsicht Ähnlichkeit mit solchen, welche wie diejenigen der Insel Ischia hohe Intensität des Stosses und Beschränkung des Schüttergebietes als charakteristische Eigentümlichkeiten an sich tragen. Wir sind somit zur Bestätigung der Ansicht gekommen, welche R. Mallet schon in seinem ersten, vor der englischen Naturforscherversammlung über die Erdbebenphänomene erstatteten Berichte ausgesprochen hat, dass nämlich das Schüttergebiet der vertikalen Stösse, besonders bei den auf See angestellten Beobachtungen, meist auf einen kleinen Raum beschränkt sei. Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der submarinen Erdbebenwellen verbreitet Rudolph sich sehr eingehend. In dieser Beziehung ist das Erdbeben, welches am 31. Dezbr. 1861 den gesamten bengalischen Meerbusen und seine Umgebung erschütterte, besonders lehrreich. „Wir verdanken die exakte Fixierung des Moments, in welchem das Erdbeben eintrat, ganz allein dem Umstande, dass rund um den Meerbusen eine Anzahl von Flutmessern aufgestellt ist, welche die Erdbebenwelle und die nachfolgenden Flutwellen registrierten. Dadurch wurde es ermöglicht, die Lage des Epizentrums, die

Oberflächengeschwindigkeit der Erd- und Flutwelle und die ungefähre Gestalt des seismischen Herdes mit einer so hohen Genauigkeit zu bestimmen, wie es wohl bisher noch in keinem Falle möglich war. Aus den Untersuchungen von Oldham ergiebt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwelle zwischen Port Blair und

Calcutta	1947	engl. Fuss
Madras	1948	„
False Point . . .	1807	„

im Mittel nach Oldham zu 1950 engl. Fuss = 594 *m* pro Sekunde." Im zweiten Abschnitt seiner Untersuchungen wendet sich Rudolph zur Erklärung der wahrgenommenen Erscheinungen, wobei er zunächst die bisherigen Ansichten über die Entstehung der sogenannten Erdbebenflutwellen einer kritischen Betrachtung unterzieht. Rudolph kommt zu dem Ergebnisse, dass eine befriedigende Erklärung noch nicht geliefert ist, doch giebt er darin Professor Geinitz Recht, dass die Art, wie die Flutwellen gegen das Festland herantreten, ob in Form einer ersten Erhebung oder Senkung des Meeresspiegels, eine sekundäre Erscheinung sei, „abhängig von der jedesmaligen Schwingungsphase der Welle und von Interferenzerscheinungen". Am wichtigsten für das genauere Studium erweisen sich wiederum die Aufzeichnungen der Flutmesser der indischen Tidenstationen gelegentlich des submarinen Ausbruchs im bengalischen Meerbusen am 31. Dezember 1881. „Hier können wir erwarten", sagt Rudolph, „ein wahres und klares Bild dessen zu erhalten, was wirklich an der Meeresfläche der Bai vor sich ging". Was finden wir nun? „An allen Stationen traf die Störung zur Zeit der Ebbe ein und beginnt gleichmässig mit einem äusserst schroff ansteigenden Wellenberg ohne vorübergehendes Thal. Dieser unvermittelte Übergang der ganz ruhigen Kurve in eine fast senkrecht emporsteigende Linie ist vor allem beachtenswert. Wir wissen, dass zu Madras im Telegraphenamt die elektrische Uhr stehen blieb, dass in False Point das Gezeitenobservatorium erschüttert wurde, und in Point Blair sich das Erdbeben ziemlich deutlich fühlbar machte; trotzdem ist nicht die geringste Veränderung im Verlaufe der Kurven bemerkbar, obgleich am letzten Orte nur 19 Minuten vergingen, in False Point über drei Stunden, bis die erste Welle eine Änderung hervorrief. Die einzige Ausnahme, welche Negapatam macht, rührt von der fehlerhaften Aufstellung des Instrumentes her, die sich auch in der ganz eigentümlich gestalteten Normalkurve ausdrückt. Wenn irgendwo auf Erden, so sind gerade im nördlichen Teil des Meerbusen von Bengalen die Verhältnisse günstig, um eine Prüfung der oben genannten Hypothesen zu gestatten; es würde aber wohl schwerlich jemand gelingen, aus unseren Diagrammen ein „Fluten oder Strömen" entweder an den Küsten entlang oder von denselben weg, wie es Graf Berg ver-

langte, herauszudeuten. Ein „allseitiger Zufluss zum Depressionsgebiet“ oder, wie wir auch sagen können, zur eingestürzten Fläche des Meeresgrundes müsste, wenn er hätte wirksam sein sollen, einen anderen Einfluss auf die Kurven ausgeübt haben Von allen Voraussetzungen, die gemacht sind, um die Erscheinung der Erdbebenflutwellen zu erklären, ist hier keine Spur. Auch die Annahme, welche Geinitz machte, und die noch am wahrscheinlichsten klang, ist nicht länger haltbar. Denn trotz der ungeheueren Ausdehnung des Schüttergebietes war die Intensität des Stosses eine sehr geringe, am grössten noch in der Nachbarschaft des Epizentrums auf Kar Nikobar, wo die Hütten der Eingeborenen und ihre Anpflanzungen umgeworfen wurden, ferner in Point Blair. wo an den Militärkasernen sich einige Sprünge zeigten, während die Erschütterung an der gegenüberliegenden Küste von Birma schon fast nicht mehr merklich war“. Von überaus grosser Wichtigkeit für die Deutung der Erscheinungen bei Seebeben sind die Beobachtungen, welche L. J. Le Conte anstellt, als im Jahre 1874 im Hafen von San Franzisko grossartige Sprengungen vorgenommen wurden. Es ist, sagt Rudolph, wahrhaft überraschend, zu sehen, wie alle die Umstände, welche durch ein Seebeben bedingt sind oder mit einem solchen zusammen vorkommen können, der submarine Stoss, das Schallphänomen, das Aufwallen des Wassers, die grosse Welle, wenn man will auch die angeblich durch ein Seebeben veranlasste Beschädigung eines Fahrzeuges und die allerdings seltene Erscheinung, dass Fische tot an die Oberfläche steigen, hier vereint durch die Explosion eines Sprengstoffes verursacht sind. Einen genetischen Zusammenhang zwischen den Erdbebenflutwellen und den Seebeben erkennt Rudolph nicht an: „Seebeben werden durch seismische Erschütterungen des Meerboden verursacht. Erreichen die Erdbebenwellen die Grenzen des Meeresgrundes und der ozeanischen Wassermasse, so werden sie gebrochen und treten in das elastische Medium des Wassers über. In demselben verbreiten sich die Wellen mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Wasser und machen sich, sobald sie auf ein anderes Medium. z. B. einen Schiffskörper, treffen, als Stoss bemerkbar. Hat die die Wellen erregende Erschütterung aufgehört, so endet auch die Stosswelle, wie der homogene und isotrope Charakter des Wassers es bedingt. Eine rasche Aufeinanderfolge von schwachen Wellen wird ein leises Erzittern verursachen, jede intensive Welle versetzt dem Schiffe einen Stoss, der je nach der Richtung, in welcher dieselbe auftritt, das Schiff emporheben oder auf die Seite stossen kann. An der Oberfläche des Meeres kann die kurze, intensive Stosswelle keinerlei Oberflächenwellen hervorrufen, nur die senkrecht zur Meeresfläche gerichteten Stösse durchbrechen die gespannte kapillare Oberflächenhaut des Wassers und werfen Strahlen auf, die den Eindruck erwecken,

als koche und siede das Wasser. Der Schall tritt zugleich mit der Stosswelle aus dem Meer, ist also an diese gebunden, in der Atmosphäre verbreitet sich derselbe jedoch sogleich in Kugelwellen nach allen Seiten, so dass das Rollen oder der Donner in Gegenden vernommen werden kann, die von der Erschütterung nicht betroffen worden sind; die mit submarinen Erdbeben häufig gleichzeitig auftretenden Flutwellen können nicht auf die gleiche Ursache zurückgeführt werden. sie verdanken ihre Entstehung gewaltigen, submarinen Eruptionen, sei es Dampf- oder Gasexplosionen oder Ergüssen von Lava, die durch die Berührung mit der kalten Wassermasse ebenfalls Dampfmassen erzeugen müssen". Das Ergebnis, zu welchem Rudolph kommt, ist also kurz dieses: submarine Erdbeben als solche erzeugen keine Flutwellen, sondern letztere entstehen nur dann wenn submarine Eruptionen stattfinden. Was die geographische Verteilung der seismischen und vulkanischen Erscheinungen über die drei grossen Ozeane anbelangt, so liegt bezüglich des Atlantik das reichste Material vor, und Rudolph kommt durch Diskussion desselben zu folgenden Schlüssen, die durch die ferneren Schilderungen weitere Bestätigung und nur geringe Erweiterung erhalten:

I. Submarine Erdbeben und Eruptionen kommen in allen Meerestiefen vor, in der Flachsee, wie in der Tiefsee, auf den unterseeischen Rücken, wie in den eigentlichen Depressionsgebieten.

II. Die Häufigkeit und Intensität in der Äusserung der seismischen und eruptiven Kräfte ist nicht von der Entfernung von thätigen oder erloschenen Vulkanen abhängig.

III. Es giebt habituelle Stossgebiete und ganz seebebenfreie Meeresteile; mit Ausnahme der letzteren Gebiete treten ausserdem Seebeben auch vereinzelt und zerstreut über den Ozean auf.

„J. W. Dawson", sagt der Verf. am Schlusse seiner Untersuchung, „weist in seiner Eröffnungsrede vor der 56. Versammlung der britischen Naturforscher darauf hin, dass der Atlantik, obwohl verhältnismässig schmal, doch einen älteren Zug im Antlitz der Erde bildet, während der Pazifik einer jüngeren Zeit angehört. Der Atlantik ist relativ tiefer und weniger mit Inseln bedeckt, als der Pazifik, der seine hohen Gebirgsrücken in unmittelbarer Nähe der Küsten liegen hat, letztere gehören einer viel jüngeren Epoche an und zeigen noch thätige Vulkane. Die vorstehende Betrachtung der geographischen Verteilung der submarinen Eruptionen bietet der Behauptung Dawson's eine wesentliche Stütze. Wenn auch die seismische Kraft der subatlantischen Erdrinde noch nicht erstorben ist, die eruptive ist jedenfalls, wenn wir von den wenigen bekannten vulkanischen Inseln absehen, eine äusserst schwache und könnte im Verhältnis zu derjenigen des Pazifik als fast erloschen bezeichnet werden." Wenden wir uns jetzt zur Erklärung des ganzen Phänomens, so befinden wir uns sofort, auch trotz des reichen Materials, über

welches der Verf. gebietet, auf einem durchaus hypothetischen Gebiete. Auf die primäre Ursache der Bodenerschütterungen geht Rudolph überhaupt nicht genauer ein, dagegen entwickelt er die Verschiedenheiten von Kontinent und Festland im Auftreten vulkanischer und seismischer Erscheinungen. „Auf dem Festlande“, sagt er, „ist das Vorkommen des Vulkanismus in der Jetztzeit an die grossen Bruchränder gebunden, welche Meer und Kontinent trennen. In mehr oder minder weiter Entfernung vom Ozean haben sich die Vulkankegel auf den junggehobenen Gebirgen aufgebaut. Im Innern der Festlandsschollen, fern von den Meeren fehlt jegliche Äusserung einer rezenten vulkanischen Thätigkeit. Auch die Erderschütterung, besonders die am häufigsten vorkommende Art derselben, die tektonischen Erdbeben, sind auf die hohen Gebirge beschränkt, deren Faltungsprozess noch nicht abgeschlossen ist“. „Wie in vulkanischer Beziehung stehen sich Festland und Meeresboden auch in seismischer einander schroff gegenüber. Auf den wichtigen Umstand, dass die meisten litoralen Erdbeben ihren Ursprung in dem meerbedeckten Teile der Erdrinde haben, wurde schon oben aufmerksam gemacht. Während ferner die kontinentalen Ebenen verhältnismässig erdbebenfrei sind, zeigen die Meeresbecken gerade in ihrer Mitte die stärksten seismischen Erschütterungen.“ Alles zusammenfassend, entscheidet sich Rudolph dahin, „dass die meerbedeckten Teile der Erdrinde die schwächeren, dünneren Schollen bilden, die Festländer bestehen aus festeren, dickeren Rindenstücken. Dabei lässt sich unter den drei grossen Ozeanen noch wieder ein Unterschied bemerken. Die grosse, nach pazifischem Typus gebaute Küste fällt fast in ihrer ganzen Längenerstreckung mit der Grenze zwischen der Land- und Wasserhalbkugel zusammen. Letztere wird vom Stillen Ozean, der Südpolarregion und Australien bedeckt Das ist das jüngste Meer. Hier treiben die inneren Erdkräfte noch am ungehindertsten ihr Spiel. Die Landhalbkugel umfasst die grösste Masse der Kontinente und die dazwischenliegenden kleineren Meere. In seismischer Hinsicht sind diese letzteren nicht minder stark affiziert, die eruptiv-vulkanische Thätigkeit äussert sich dagegen in geringerem Masse Dem Pazifik gegenüber ist der Atlantik der älteste Ozean, der Indische nimmt eine Mittelstellung ein, entsprechend seiner Zugehörigkeit zum pazifischen wie atlantischen Gebiet.“

Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit unterirdischer Erschütterungen hat Naguès angestellt, und zwar in Gruben von 50—100 *m* Tiefe und in verschiedenen Gesteinen [1]. Diese Versuche fallen in die Jahre 1880—85, und es wurde die Erschütterung an einem Quecksilberhorizont beobachtet, während ein kleiner Ausrückspiegel den

[1]) Comptes rendus **106.** p. 1110.

Augenblick des Schusses angab. Im Mittel fand sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit pro Minute in porphyrartigen Trachyten und Graniten in der Richtung der metallführenden Ader zu 1480—1500 *m*, senkrecht darauf zu 1400—1550 *m*, in kompaktem Kalkstein (der Sierra Alhamilla) parallel zu den Schichten 1400 *m*, senkrecht darauf 1200 *m*, in den Schiefern derselben Sierra 700—800 *m*. Die Geschwindigkeit der Übertragung unterirdischer Erschütterungen hängt also nicht nur von der Natur des Gesteins, sondern auch noch von anderen Umständen ab, die sämtlich und im einzelnen schwer zu bestimmen sind.

Die mikroseismischen Erderschütterungen werden seit Jahren in Italien durch Rossi studiert. Als unzweifelhaftes Ergebnis dieser Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die meisten mikroseismischen Erschütterungen durch den Druck des Windes gegen den Boden hervorgerufen werden. Sie erreichen ihr Maximum dann, wenn der Barometerunterschied (Gradient) sehr beträchtlich, und infolgedessen der Wind heftig ist, bei schwachen Gradienten und Winden sind sie auch schwach oder fehlen.

Ähnliches hat man in Japan gefunden. Die von der dortigen, 1880 gegründeten seismologischen Gesellschaft erhaltenen Resultate sind überhaupt von grösster Bedeutung. Nicht nur hat dieselbe an zahlreichen Punkten fortgesetzte Beobachtungen eingerichtet und alle diejenigen Instrumente verwandt, welche als Erdbebenmesser bei uns benutzt werden, sondern die Forscher in Japan haben ganz neue Vorrichtungen erdacht, welche mit einer bis dahin unbekannten Genauigkeit jede kleinste Bewegung des Bodens nach Richtung, Stärke und Zeit verzeichnen. Diese sinnreichen Werkzeuge haben zum ersten Male über manche bis dahin streitige Punkte Licht verbreitet. So z. B. lieferten sie den Beweis, dass bei Erdbeben, die recht merklich sind und selbst Schrecken erregen, die gesamte Bewegung des Bodens kaum 1 *mm* übersteigt, also bei einer Bewegung von etwa 1 Zoll der Umsturz ganzer Städte zu erwarten sein dürfte. Nach den früheren, bloss auf dem Gefühl und dem individuellen Eindruck und selbst auf den Schätzungen infolge stattgehabter Verwüstungen beruhenden Annahmen war man geneigt, auch bei mässigen Erdbeben an weit grössere Bodenbewegungen zu denken. Auch die Art und Weise der Bewegung des Bodens stellt sich wesentlich anders dar, als man allgemein glaubt. Die neuen Werkzeuge haben gezeigt, dass die Bodenbewegung äusserst verwickelter Art sein kann, dass sie bisweilen in zwei Augenblicken ihre Richtung erheblich ändert, ja dass eine Veränderung der Richtung fast unaufhörlich erfolgt. Prof. John Milne von der Universität zu Tokio, welcher der letzten Tagung der British Association einen Bericht über die seismologischen Arbeiten in Japan vorlegte, bemerkt bezüglich der Dauer der Erdstösse, dass die wahrnehmbaren Erschütterungen in Perioden der Hin- und Herbewegung

von 3—5 Sekunden Dauer erfolgen. Es hat sich ferner herausgestellt, dass bei starken Erdbeben die Bewegung schon in ganz geringen Tiefen, welche etwa einer flachen Grube entsprechen, weit schwächer ist als an der Oberfläche, so dass Gebäude durch geeignete Fundamentierung wirksam geschützt werden können. Im ganzen werden an mehr als 700 Punkten des japanischen Reiches alle Bewegungen des Erdbodens verzeichnet. Diese grosse Zahl von Beobachtungspunkten hat gestattet, zu erkennen, dass es unter jenem Inselreich eine Menge von „Erdbebenzentren" giebt, die verschieden oft und stark thätig sind Von der Regsamkeit dieser Mittelpunkte aber kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man vernimmt, dass durchschnittlich in Japan an jedem Tage zwei Erdstösse gefühlt werden. Eine merkwürdige, auch in Europa bisweilen beobachtete Art von Erdbeben ist das leise Zittern des Bodens. welches nur von sehr feinen Instrumenten gespürt wird. Die japanischen Forscher haben zur Untersuchung desselben besondere Vorrichtungen erdacht, die selbstthätig auch diese leisen Zuckungen der Erdoberfläche aufzeichnen. Durch diese neuen Werkzeuge und ihre Aufzeichnungen ist ein ganz unerwartetes Licht auf jene geheimnisvollen Bewegungen geworfen worden. Es hat sich nämlich ebenso wie in Italien herausgestellt, dass dieses Erzittern mit dem Winde zusammenhängt. Wenn heftige Winde wehen, macht es sich lebhaft bemerkbar, allein die Werkzeuge zeichneten solche leisen Beben der Erde auch dann auf, wenn am Beobachtungsorte der Wind still war. Als man jedoch die täglichen Wetterkarten, welche auch in Japan zusammengestellt werden, verglich, fand sich, dass an jenen Tagen der Wind stets gegen gewisse Berge wehte, welche 100—300 *km* vom Beobachtungsort entfernt sind. Grossen Erderschütterungen geht meist eine Reihe rascher und kleiner Schwingungen voraus; diese letzteren betragen kaum 0.1 *mm* und wiederholen sich sechs- bis zehnmal in der Sekunde. Der unmittelbaren menschlichen Wahrnehmung bleiben diese leisen Bewegungen verborgen, es ist aber möglich, dass gewisse Tiere sie spüren, und dass auf diese Weise das von manchen behauptete Vorgefühl der Tiere bezüglich kommender Erdbeben seine Erklärung findet. Über die Tiefen, in welchen der Herd der Erschütterungen zu suchen ist, lassen die bisherigen Beobachtungen noch Zweifel übrig. Wahrnehmungen bei der Zerstörung unterseeischer Kabel haben zu der Vermutung geführt, dass gewisse Erdbeben durch plötzliche Senkungen des Meeresbodens entstehen.

Über die Ursachen der Erdbeben haben alle bisherigen Untersuchungen noch keineswegs zu vollkommener Klarheit und Übereinstimmung der Ansichten geführt. Eine gute Zusammenstellung aller bisherigen Hypothesen in dieser Beziehung giebt Engelhardt[1]). Das wichtigste Resultat dürfte noch sein, dass

[1]) Verhandl. der Isis 1888. p. 15 u. ff.; Gaea **25.** p. 145 u. ff.

eine einheitliche Ursache für diese Erscheinung, wie sie von der Buch-Humboldt'schen Schule hartnäckig festgehalten wurde, nicht existiert, sondern Erdbeben aus sehr verschiedenen Ursachen entstehen können Gegenwärtig unterscheidet man Einsturzbeben und vulkanische Beben, beide nur lokal auftretend, und tektonische Erdbeben (Struktur-, Dislokationsbeben), welche mit der Gebirgsbildung in Beziehung stehen und niemals von einem Punkte ausstrahlen, sondern bisweilen deutlich erkennen lassen, dass es weite Flächen sind, innerhalb deren sich ganze Gebirgsteile plötzlich verschieben. Suess unterscheidet davon zwei Hauptgruppen: nämlich Erdbeben, die aus tangentialen Spannungen, und solche, welche aus Senkungen hervorgehen. Erstere sind äusserst selten von vulkanischen Ausbrüchen begleitet, aber in den Senkungsfeldern treten auf den Dislokationsbrüchen und mit den Erderschütterungen die meisten vulkanischen Ausbrüche auf. Es ist dabei vorausgesetzt, dass im Innern der Erde grosse Hohlräume vorhanden sind. Nach Hopkins' Meinung beherbergt das tiefe Erdinnere Lavaseen als Reste der ursprünglichen glutflüssigen Masse, Dutton leugnet diese Herkunft und nimmt dafür lokale Behälter an, die er Maculae nannte, und die sich im Erdinnern jetzt noch bilden könnten. Nach der Vorstellung von Suess sind nun die obersten peripherischen Teile des Erdkörpers durch tangentiale Spannung festgehalten, wie ein Gewölbe. „Entweder radiale Spannung oder Abstau trennt einen Teil des Erdkörpers gegen innen ab, und es bildet sich eine grosse, der Erdoberfläche mehr oder minder parallele, bei radialem Abriss mehr ausgedehnte, bei Abstau mehr linsenförmige Ablösung, eine Macula, welche sich mit Laven füllt Findet an der Oberfläche die tangentiale Spannung nach irgend einer Richtung ihre Auslösung, z. B. durch Faltung oder Überschiebung einer anderen Scholle, so sinkt hinter der Faltung oder Überschiebung das Gewölbe in die Maculae, und auf den Sprüngen oder Einbrüchen quillt Lava hervor."

Wird die Erscheinung der Erdbeben mit Zusammenfaltung und Senkungsbewegung der Erdrinde in engste Beziehung gebracht und der Vulkanismus in untergeordnete Stellung gerückt, so tritt dieser Anschauung die anscheinend unübersteigliche Schwierigkeit entgegen, dass die Erdbeben in bezug auf ihre Häufigkeit gewissen Gesetzmässigkeiten unterliegen. Die statistischen Zusammenstellungen (S. p. 130) haben ergeben, dass im allgemeinen Erdbeben häufiger vorkommen im Herbst und Winter als im Sommer, dass sie öfters eintreten zur Zeit des Neu- und Vollmondes als in den Vierteln, dass sie weit zahlreicher sind, wenn der Mond in der Erdnähe sich befindet, als zur Zeit der Erdferne, ja es scheint sogar, dass die Erderschütterungen an einem gegebenen Orte häufiger auftreten kurz nach der Stunde des Meridiandurchganges des Mondes als viel früher und später.

Diese Statistik zeigt also, dass die Zahl der Erdbeben am grössten ist für diejenigen Mondstellungen, welche auch die stärksten Meeresfluten bedingen. Suess hat sich nicht mit Unrecht sehr misstrauisch über solche statistische Zusammenstellungen ausgesprochen und auf zwei Umstände hingewiesen, welche die ernstestgemeinten Bemühungen dieser Art vielfach zur Unfruchtbarkeit verdammen. „Die erste liegt in der alle für ähnliche Arbeiten zulässigen Grenzen weit übersteigenden Ungleichartigkeit der Überlieferung. Diese befindet sich in augenscheinlicher Abhängigkeit von dem jeweiligen Kulturzustande der Menschheit und der fortschreitenden Erschliessung entfernter Landstriche. Mallet hat im Jahre 1858 in einer kleinen Tabelle gezeigt, in wie ausserordentlichem Masse die Zahl der bekannt gewordenen Erdbeben gegen die neuere Zeit hin sich vermehrt, und dies mit Recht der grösseren Vollständigkeit der Berichterstattung zugeschrieben. Aus demselben Grunde fällt für Europa die höchste Zahl der bekannten Erschütterungen in das 19. Jahrhundert. Erst in den letzten Jahren ist uns durch Ed. Naumann's und J. Milne's Arbeiten Gelegenheit geboten worden, die älteren Aufzeichnungen über Erderschütterungen in Japan kennen zu lernen. Die zahlreichen Angaben aus dem 7., 8 und insbesondere aus dem 9. Jahrhundert unserer Zeitrechnung entsprechen dem hohen Bildungsgrade, welchen Japan bereits um jene Zeit erreicht hatte, aber auch hier schreibt Naumann die Spärlichkeit der Berichte aus dem 12. und 13. Jahrhundert den politischen Umwälzungen und den kriegerischen Unternehmungen der damaligen Zeitläufte zu. Und für wie geringe Teile der Erdoberfläche besitzen wir überhaupt irgend welche ältere Berichte! Indem wir in Tausenden von Daten Spuren einer Periodizität suchen, finden wir in denselben nur die Beweise unserer Unwissenheit. Der zweite Umstand liegt in der Unmöglichkeit einer festen Regel für die Auswahl der zu verzeichnenden Einzelstösse aus irgend einer längeren seismischen Phase. Die Fälle, in welchen die seismische Bewegung sich in einem einzigen heftigen Schlage für lange Zeit erschöpft, wie dies bei dem letzten Erdbeben von Casamicciola auf Ischia vorgekommen ist, gehören zu den seltenen Ausnahmen. Weit häufiger erscheint eine ganze Reihe von Erderschütterungen mit oder ohne Begleitung von unterirdischem Getöse von wechselnder Intensität, ja öfters sogar auf einer bestimmten Linie das Maximum der Intensität von Ort zu Ort verschiebend, und der gewissenhafte Beobachter bleibt im Zweifel, welche von den zahlreicheren stärkeren oder schwächeren Bewegungen des Bodens er in seine Tabelle aufzunehmen hat, um den etwaigen Zusammenhang der irdischen Erschütterungen und der jeweiligen Stellung des Mondes und der Sonne zu prüfen." Diese Bedenken sind durchaus begründet, ja noch in weit höherem Grade, als der Geolog Suess annimmt,

dem die besonderen astronomischen Bedingungen ferner liegen, welchen die statistischen Untersuchungen in diesem Falle unterworfen werden müssen. Eine einfache Zusammenstellung von Erdbebentagen mit der Zeit der grössten und geringsten Entfernung des Mondes von der Erde ist beispielsweise völlig unzulässig, und die daraus gezogenen Schlüsse sind irrig, weil nicht die Dauer berücksichtigt wird, welche der Entfernung des Mondes von der Erde zwischen bestimmten Grenzen entspricht. In dieser Beziehung halten nur die Untersuchungen des Astronomen Julius Schmidt vor einer scharfen Prüfung stand. Sie beweisen aber auch, dass in dem Zeitraume von 1766—1873 auf die Bahnhälfte der Erdnähe des Mondes 183 Erdbebentage mehr und auf die Bahnhälfte der Erdferne 180 Erdbebentage weniger entfallen, als bei gleichmässiger Verteilung, also bei Unabhängigkeit von der Entfernung des Mondes der Fall sein würde. Ebenso fand Schmidt, dass die grösste Zahl der Erdbeben auf die Zeit des Neumondes fällt, dann zwei Tage nach dem ersten Viertel, dass die Anzahl zur Zeit des Vollmondes etwas geringer ist, und die kleinste Zahl auf den Tag des letzten Viertels kommt. An der Periodizität ist also doch nicht zu zweifeln, und während man einen nachweisbaren Einfluss des Mondes auf die Gestaltung des Wetters unbedingt abweisen muss, kann eine Einwirkung auf die Häufigkeit der Erdbeben nicht wohl in Frage gestellt werden. Die naheliegende Schlussfolgerung auf eine Ebbe und Flut der glühendflüssigen Masse des Erdinnern ist jedoch zu verwerfen, vielmehr die Ursache der Erscheinung wahrscheinlicher in einem ganz anderen Umstande zu suchen. Die Tiden unserer Weltmeere sind bekanntlich eine Folge der Anziehung von Sonne und Mond, allein der Schluss, dass diese Anziehung keine Deformation der festen Teile unserer Erde hervorbringt, ist irrig. Nach den Untersuchungen von W. Thomson, die in den neuen Arbeiten von G. H. Darwin durchweg Bestätigung erhalten haben, erleidet auch der starre Erdball durch die mächtige Anziehung des Mondes periodische Veränderungen seiner Gestalt, denjenigen entsprechend, welche die Meeresoberfläche in den Tiden (Ebbe und Flut) zeigt. Thomson hat mit einer Sicherheit, die jeden Zweifel ausschliesst, nachgewiesen, dass die Erdkugel, selbst wenn sie aus Stahl oder Glas bestände, dennoch den fluterregenden Einflüssen von Sonne und Mond gehorchen und Veränderungen ihrer Oberfläche erleiden müsste, welche denen eines Wasserozeans vergleichbar, aber geringer als diese sind. Die ganze Erdoberfläche oszilliert also ähnlich wie die Meeresoberfläche, nur in geringerem Grade, und in diesem periodisch wiederkehrenden, bald schwächeren, bald stärkeren, aber lediglich von der Mond- (und Sonnen-) Stellung abhängigen Pressen und Dehnen der Schichten ist der Faktor zu finden, welcher das Zusammenfalten unterstützt, Spannungen und Zer-

reissungen herbeiführt und den sonst unregelmässig eintretenden Erschütterungen eine periodisch grössere Häufigkeit verleiht. Es ist daher ganz richtig, zu erwarten, dass um die Zeit, in welcher die fluterregende Kraft des Mondes am stärksten ist, häufiger Erdbeben sich ereignen werden als zu anderen Zeiten, auch kann man wohl auf diese Zeiten im voraus hinweisen. Hier ist aber auch unser Wissen am Ende. Denn weder ist es möglich, vorherzusehen, an welchem Orte der Erdoberfläche der Zusammenbruch der Schichten und damit das Erzittern des Bodens erfolgt, noch kann man im einzelnen mit Bestimmtheit etwas über die Heftigkeit der Erschütterungen und ihre lokale Ursache voraus-wissen. Alle Versuche, in dieser Richtung mehr zu geben, sind verfrüht und haben zur Zeit keine wissenschaftliche Berechtigung.

6. Strandverschiebungen, Hebungen und Senkungen. Korallenriffe.

Nicht nur in der Atmosphäre und den Wassermassen wird das Relief der Erdoberfläche verändert, sondern, der unmittelbaren Wahrnehmung entzogen, verschieben sich auch die starren Massen gegeneinander und pressen sich in andere Formen und Gestalten. Diese langsamen Veränderungen der Erdfeste haben gewiss zu allen Zeiten stattgefunden, aber wie gross einst ihr Mass war, und welchen Anteil sie an der Bildung der ganzen Kontinente, an dem Auftriebe der Festlandmassen über die Fluten des Ozeans genommen, darüber fehlt uns jedes Urteil Möglicherweise könnten die heutigen Bewegungen nur das letzte Ausklingen voreinstiger, weit rascherer Schwankungen sein; möglicherweise auch haben sie erst begonnen, nachdem ein gewisser Zustand der Erdkugel eingetreten war. Auf diese und viele andere Fragen kann nur die Beobachtung Antworten vorbereiten, und wir müssen uns zunächst lediglich an die empirische Wahrnehmung halten, wenn wir über die langsamen Bodenbewegungen Aufschluss gewinnen wollen.

Hierzu ist aber eine neutrale Ausdrucksweise erstes Erfordernis, und Suess hat vorgeschlagen, statt von Hebungen und Senkungen des Festen oder Flüssigen, nur von Verschiebung der Strandlinie zu sprechen. Dieselbe ist positiv, wenn das Meer vorwärts dringt, negativ, wenn der Strand seewärts vorrückt. Eine gute Zusammenstellung der verschiedenen früheren Ansichten über die Verschiebung der Strandlinie giebt Suess[1]). Was die Alten in dieser Beziehung mutmassten oder glaubten, ist gleichgültig, auch die Aussprüche des Mittelalters haben keinen Wert. Erst gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts finden sich ver-

---

[1]) Im 2. Bande seines Werkes: „Das Antlitz der Erde“.

ständige Gedanken. Im Jahre 1692 wurde ein junger Edelmann aus Lothringen, Benoist de Maillet, zum französischen Konsul in Ägypten ernannt Im Jahre 1708 nach Livorno versetzt, später noch zu wiederholten Malen in die Levante gesendet, lernte er die Küsten des Mittelmeeres kennen. Er fand Anzeichen des Zurückweichens der Wasser und schloss aus denselben auf eine andauernde Verminderung des Gesamtvolums der Meere; seine Beobachtungen wurden jedoch erst nach seinem Tode, im Jahre 1748, veröffentlicht Inzwischen wendete sich in Schweden die Aufmerksamkeit ähnlichen Vorkommnissen zu. Der Physiker Hjärne sah das Zurückweichen der Strandlinie und liess im Jahre 1702 an einzelnen Felsen Marken einhauen, um den Gang der Erscheinung zu beobachten. Em. Swedenborg meinte, es sinke das Meer, und zwar mehr im Norden, weniger im Süden. Das zeige das rasche Anwachsen des Landes in Lappland. Der Gedanke an eine Änderung der Gestalt der wässerigen Hülle des Planeten findet hier deutlichen Ausdruck. In einem am 21. Mai 1721 an Jacobus a Melle (v. Honig) in Lübeck gerichteten Schreiben stellt Swedenborg die Behauptung, zwar als noch nicht erwiesen, doch als des Nachdenkens würdig, auf: „Dass die Meere gegen die Pole sinken und (angeblich) gegen den Äquator sich erheben, und dass früher abgetrennte Inseln durch das Sinken des Meeres mit dem Lande vereinigt worden seien“. Man erkennt in diesen Ausführungen den besonnenen Naturforscher, der genau weiss, wie weit seine Behauptungen begründet sind, und welche Schlüsse aus denselben überhaupt gezogen werden dürfen. Um 1724 war auch Celsius, als er die Küsten des Bottnischen Meeres besuchte, auf das Zurückweichen des Meeres aufmerksam geworden. In Tornea zeigte man ihm zu seiner Verwunderung, dass der im Jahre 1620 angelegte Hafen bereits unverwendbar sei. Schiffer wiesen ihm Stellen, welche man damals kaum mit Kähnen durchfahren konnte, während früher grosse Schiffe an denselben verkehrten. Bei Langelö und an anderen Orten sah er Ringe fern vom Meere, an denen einst Schiffe befestigt worden waren. Er schloss auf eine Verringerung des Meerwassers, und zwar in dem Masse von etwa 45 Zoll (133 *cm*) im Jahrhundert. Nichtsdestoweniger blieb die ganze Sache zweifelhaft, bis Leopold v. Buch darauf zurückkam. In den letzten Tagen des Septembers 1807 reiste derselbe von Tornea nach Süden. „Gewiss ist,“ schreibt er damals, „dass der Meeresspiegel nicht sinken kann; das erlaubt das Gleichgewicht der Meere schlechterdings nicht. Da nun aber das Phänomen der Abnahme sich gar nicht bezweifeln lässt, so bleibt, soviel wir jetzt sehen, kein anderer Ausweg als die Überzeugung, dass ganz Schweden sich langsam in die Höhe erhebe, von Frederikshall bis gegen Abo und vielleicht bis gegen Petersburg hin.“ Eine wichtige Unterstützung fand Buch's Behauptung in den Nachforschungen von Lyell, der 1834 Schweden besuchte.

Er überzeugte sich von der Richtigkeit der angeführten Thatsachen und hob schon in seinen ersten Berichten hervor, dass die Anzeichen der Erhebung des Landes im Norden viel unzweifelhafter seien, als im Süden. In späterer Zeit neigte er sich, insbesondere auf die Angaben Nilsson's gestützt, der Meinung zu, dass die Erhebung des Landes im nördlichen Skandinavien am beträchtlichsten sei, gegen Süd abnehme und bei Södertelje, wenige Meilen südwestlich von Stockholm, verschwinde, dass von da an aber gegen das südliche Ende der Halbinsel eine Senkung vor sich gehe, so dass thatsächlich eine Schaukelbewegung mit allerdings viel kürzerem Südflügel vorhanden wäre. Im nördlichen Norwegen findet man mancherorts längs dem Meeresgestade lange Terrassen und Strandfurchen, die sich aus der Ferne bisweilen wie mit einem Lineal gezogen darstellen, parallel mit der heutigen Wasserfläche. Zuweilen sind diese Linien so scharf und von so vielen regelmässigen Stufen begleitet, dass sie in ihrer geometrischen Strenge dem Auge störend sich aufdrängen. Leopold v. Buch und Bravais haben daraus auf eine ruckweise Emporhebung des Landes geschlossen, eine Ansicht, die von Keilhau und Kjerulf noch entschiedener vertreten wird. Sie ist auch so naheliegend und deckt sich so sehr mit den unmittelbaren Wahrnehmungen, dass man sich vielleicht dabei beruhigen könnte, wenn nicht die geheimnisvolle Hebung selbst, zu welcher man greifen muss, eine neue Schwierigkeit bildete. Mehr als ein halbes Jahrhundert hat diese Hypothese gleichwohl in allgemeinem Ansehen gestanden, doch wurden immer mehr Bedenken gegen sie laut, und 1885 beschrieb A. M Hansen Strandlinien, die im norwegischen Binnenlande bis zu 1090 *m* über dem heutigen Meeresspiegel liegen[1]) und schlechterdings der Einwirkung des Meeres nicht zugeschrieben werden können Suess stellte nun eine andere Hypothese auf[2]). Er zeigt im einzelnen, dass in den Fjorden des westlichen Norwegen die meisten Terrassen als Denkmale des zurückweichenden Eises und nicht als Ergebnisse von Schwankungen der Erdfeste zu betrachten sind. Durch eine sehr eingehende Untersuchung kommt jüngst F. M. Stapff zu dem Ergebnisse[3]), dass die skandinavischen Strandmale in höheren Horizonten Binnenseen zuzuschreiben sind, und zwar vorzugsweise durch Eis abgesperrten Binnenseen. Hebungen der Küstengebiete im Sinne der alten, auch von v. Buch vertretenen Anschauung giebt Suess nicht zu. „Die messbaren Veränderungen," sagt er, „beschränken sich, abgesehen von den wechselnden meteorischen Einflüssen, auf Landverlust durch Unterspülung, Landgewinn durch Anschwemmung, auf rhapsodisches, örtliches Absinken grösserer, mit Wald oder Gebäuden besetzter Schollen von Schwemmland, auf lokale

[1]) Nature **33.** p. 286. [2]) Antlitz der Erde **2.** p. 439.
[3]) Gaea 1890.

Schwankungen in der Nähe von Vulkanen, endlich, doch nur in seltenen Fällen, auf das Herantreten wahrer Dislokationen an den Meeresstrand, wie solches in der Cookstrasse in Neu-Seeland im Jahre 1856 vorgekommen ist." Überflutungen aber sind nicht abzuweisen, besonders in oder nach der Eiszeit. So hat Stapff in seiner oben erwähnten Untersuchung nachgewiesen, dass Skandinavien in der Nähe des Polarkreises zur Zeit der stärksten Vereisung auf norwegischer Seite etwa 220 *m*, auf schwedischer 170 *m* tiefer lag als jetzt oder, was dasselbe bedeuten würde, dass der Meeresspiegel damals um ebenso viel höher stand. Überflutungen haben zu allen Epochen der Vorzeit existiert, und Suess hat sich bemüht, die wechselnde Gestaltung von Land und Meer in den verschiedenen geologischen Zeiten zu zeichnen. Das allgemeine Ergebnis aber fasst er in die Worte zusammen: „Der Zusammenbruch der Oberfläche des Erdballes ist es, dem wir beiwohnen. Allerdings hat dieser schon vor sehr langer Zeit begonnen, und die Kurzlebigkeit des menschlichen Geschlechts lässt uns dabei guten Mutes bleiben. In Böhmen, in der Pfalz, in Pennsylvanien, an zahlreichen Orten, zieht der Pflug ruhig seine Furchen über die gewaltigsten Brüche." Weit entfernt, dass sich die Kontinente aus den Fluten des Ozeans hoben, ruckweise oder in langsamen Atemzügen, sind es vielmehr Einbrüche der Oberfläche, welche die Wasser gesammelt haben an einem Ort Daneben fanden auch seitliche Faltungen der Erdoberfläche statt, wodurch lange Gebirgszüge geschaffen und die Sedimente der Meere zu Hochgipfeln aufgetürmt wurden, wie solches in den Alpen jetzt klar vor Augen liegt. Allein die Wasserhöhe der Weltmeere haben diese Faltungen nicht wesentlich berührt, die Gestaltung und Ausdehnung der grossen Festländer nicht geschaffen. Diese sind die stehengebliebenen Schollen oder Horste zwischen grossen Senkungsgebieten, über denen die Wasser des Grossen Ozeans branden. So erklärt sich nach Suess der keilförmige, gegen Süd gerichtete Umriss von Afrika, Ostindien und Grönland aus dem Zusammentreffen von Senkungsfeldern, deren grössere Entwickelung gegen Süd liegt. Dem örtlichen begrenzten Einbruch eines Teiles der Erdrinde folgt aber natürlich eine allgemeine Senkung des Seespiegels auf der gesamten Oberfläche, und solche Senkungen sind in verschiedenen Zeiten und ungleichem Masse vor sich gegangen. Doch sie genügen nicht, um alle Erscheinungen zu deuten. Bewegungen des Meeres von ganz anderer Art sind nicht abzuweisen. Die Reihenfolge der Sedimente auf den bisher genauer erforschten Teilen der Festländer zeigt, dass grosse Strecken während sehr langer Zeiträume abwechselnd vom Meere bedeckt und wieder frei wurden. Die vollständigste Reihe uralter Meeresablagerungen zieht sich quer durch Europa und Asien, und wo heute Teile der Ostalpen sich erheben, dehnte sich einst ein Meer aus. Am Ende der silurischen Periode wich

das Meer zurück in Nordamerika, in England und Russland, um in der mittleren devonischen Zeit abermals vorzudringen; wiederholte Schwankungen zeigen sich in der Karbonzeit. Diese ganze Epoche der Erde war von unvorstellbar langer Dauer und ist die Zeit der ältesten Geschöpfe des Tier- und Pflanzenreichs. Zur mittleren Jurazeit ist ein grosser Teil Europas wiederum überflutet, doch abermals weicht der Strand zurück, bis während der Zeit der Kreideablagerungen das Meer von neuem ganz Mitteleuropa begräbt. In Südamerika bedeckte der Ozean alles Land bis zum Ostabhange der Kordilleren. Unzählige Jahrhunderte hindurch muss diese Herrschaft des Meeres angedauert haben, da wich die See wieder zurück, und es erschien trockenes Land in Europa. Diese Aufzählung zeigt, wie Suess nachdrücklich hervorhebt, dass die Lehre von den säkularen Schwankungen der Kontinente nicht geeignet ist, die wiederholten Überflutungen und Trockenlegungen des festen Landes zu erklären Die Veränderungen sind viel zu ausgedehnt und viel zu gleichförmig gewesen, als dass sie in Bewegungen der Erdfeste ihren Grund haben könnten. Es handelt sich um allgemein physische Umwälzungen, welche die ganze Oberfläche unseres Planeten beeinflussen. Hierin liegt auch, nach der sehr treffenden Bemerkung des Wiener Geologen, die Erklärung des merkwürdigen Umstandes, dass es möglich gewesen ist, die nämliche Terminologie zur Unterscheidung der Formationen auf der ganzen Erde in Anwendung zu bringen. Wie könnte dies durchführbar sein, wenn die Grenzen der Formationen nicht durch allgemeine Vorgänge bezeichnet wären! Aber diese Vorgänge selbst, wie soll man diese sich vorstellen, wie soll man sie deuten, da Hebungen und Senkungen des Festlandes durchaus verworfen werden müssen? Für jene Vorgänge findet Suess eine Erklärung nur in der Annahme ozeanischer Schwankungen, aber doch nicht im Sinne Adhémar's, der eine abwechselnde Anhäufung der Wasser an einem der Pole lehrte, sondern in der Voraussetzung einer alternierenden Hebung des Meeresspiegels, bald an den Polen, bald am Äquator. Uns will es scheinen, dass eine derartige Schwankung des Meeresspiegels doch nur angenommen werden dürfte, wenn die Beobachtungen mit genügender Gewalt dazu drängten, was man aber wohl kaum von den bisherigen und durch Prof. Suess interpretierten Wahrnehmungen behaupten kann. Handelt es sich um Schwankungen des Seespiegels, und sind diese einmal nicht abzuweisen, so scheint es uns sehr viel wahrscheinlicher, dass sich solche im Sinne Adhémar's abspielen, d. h. alternierend die eine und die andere Hemisphäre bedeckend, als bald an den Polen, bald am Äquator auftretend, wofür sich keinerlei generische Erklärung beibringen lässt, ja die jeder mechanischen Deutung Hohn sprechen. Man muss sich in dieser Beziehung wohl vorsehen, wenn nicht die neuere geologische Forschung, wie sie Prof. Suess kultiviert,

schnurstracks in die Fehler der früheren verfallen soll, die frischweg die Einsprüche aller anderen Wissenschaften in den Wind schlug. Richtig scheint uns indessen die Behauptung, dass die grossen Oszillationen sich nicht im Laufe der Zeiten summieren, sondern ausgleichen, und ferner die Annahme, dass die dauernde Trockenlegung des Kontinentes in der Hauptsache das Ergebnis von örtlichen Senkungen der Erdoberfläche ist, welche Fall für Fall einen Teil des Weltmeeres in die neugebildete Tiefe aufgenommen haben.

Bezüglich der Ursache der Verschiebung der Küstenlinien greift A. Blyth wiederum auf kosmische Vorgänge, speziell auf das Vorrücken der Nachtgleichen und die veränderliche Exzentrizität der Erdbahn zurück [1]), dann aber auch auf die Veränderung der Rotationsdauer der Erde. Dieser letztere Moment ist ein sehr beachtenswerter und bringt einen neuen Gesichtspunkt in die Frage. Er ist zuerst von dem ausgezeichneten Mathematiker G. H. Darwin berücksichtigt worden. Wäre die Erde flüssig, so müsste ihre Form der jeweiligen Axendrehung entsprechen, und mit Verlangsamung der letzteren müsste sich die Abplattung vermindern. Jeder Änderung der Zentrifugalkraft, welche durch eine Änderung der Rotationsdauer der Erde bedingt wird, muss sich die Oberflächenform des Meeres sogleich anpassen, während die feste Erdoberfläche nur langsam eine ähnliche Anpassung erhält. Solange letzteres nicht der Fall ist, muss bei verlangsamter Rotation das Meer in der Richtung gegen die Pole hin steigen, am Äquator dagegen sinken. Wenn aber endlich die Erdkruste den Spannungen genügend nachgiebt und sich der bestehenden Rotation anpasst, so muss in höheren Breiten eine Hebung, in niederen eine Senkung des Landes eintreten, beides wahrscheinlich ruckweise mit dazwischen liegenden Ruhepausen. Es lassen sich mit dieser Hypothese auch die grossen Meerestransgressionen erklären. „Das Meer“, sagt Blyth [2]), „steigt unter höheren Breiten so lange, bis zuletzt das feste Land den Kräften nachgiebt Liegt nun die feste Erde durch Hunderttausende von Jahren unbeweglich, entfernt sich somit die feste Erde während der Verlängerung des siderischen Tages mehr und mehr von der der jeweiligen Tageslänge entsprechenden Form, so wird in höheren Breiten das Meer hundert bis zweihundert oder vielleicht noch mehr Meter steigen. Und bedenken wir, dass wir in höheren Breiten grosse und weitgehende Tiefländer besitzen, wie z. B. die Ebenen im nördlichen Asien und Mitteleuropa, so sehen wir leicht, dass in dieser Weise grosse Meerestransgressionen bewirkt werden können. Ramsay und v. Richthofen haben nun

[1]) Christiania Videnskabs Selskabs Vorhandlinger 1889. Nr. 1.
[2]) Naturwissenschattl. Wochenschrift 1890. p 305.

gezeigt, wie bei diesen Transgressionen die Brandung die Küsten zerstörte, so dass grosse Abrasionsflächen gebildet wurden. Es zeigt dies, wie langsam und unmerklich die positiven Verschiebungen der Strandlinien stattfanden, und das stimmt sehr wohl mit der Annahme, dass es die Verzögerung der Axendrehung war, welche das Steigen des Meeres bewirkte. In diesen Transgressionsperioden häuften sich somit durch lange Zeiten die Spannungen an, die später durch grosse Hebungen der festen Erdkruste in höheren Breiten ausgelöst wurden. In diesen Transgressionszeiten wurden die vulkanischen Kräfte stärker und stärker. A. Geikie hebt hervor, dass es in der Geschichte der Erde Zeiträume gegeben hat, da der Vulkanismus viel heftiger wirkte als sonst. Die grossen Masseneruptionen, wodurch Tausende von Quadratmeilen mit Laven überschwemmt wurden, gehörten gewiss solchen Zeiten an, wo die Erde mehr als gewöhnlich gespannt war. So sehen wir, wie in der Miocänzeit an vielen Orten der Erde heftige vulkanische Eruptionen sich ereigneten. Und diese Eruptionen waren die Vorboten der grossen Verschiebungen, die bis in die Pliocänzeit stattfanden. Die nachfolgende negative Verschiebung, durch die Hebung des Landes bewirkt, war aber, wie Suess hervorhebt, von verhältnismässig kurzer Dauer, was auch sehr wohl mit unserer Erklärung stimmt.

In dieser Weise fanden also nach unserer Meinung die grossen Verschiebungen der Strandlinien statt, die uns in den Stand setzen, zwischen geologischen Cyklen zu entscheiden. Die Cyklen sind aber von Stufen gebildet. Jede Stufe (in unserem Sinne genommen) bezeichnet eine kleinere Oszillation der Strandlinie. Die Tertiärreihe ist, wenn man von den Schichten der grossen gefalteten Gebirgszüge absieht, von wechselnden Süsswasser- und marinen Seichtwasserbildungen aufgebaut. Tiefwasserbildungen kommen kaum vor oder sind jedenfalls selten. Ein Wechsel von Strandbildungen und Süsswasserbildungen, wie wir einen solchen in unserer tertiären Schichtenreihe sehen, setzt natürlich keine grossen Verschiebungen der Strandlinie voraus. Wo marine mit Süsswasserbildungen in mehrfachem Wechsel auftreten, wie das in der Tertiärformation häufig der Fall ist, wurden die Schichten in einem durch Dämme vom offenen Meere geschiedenen Becken abgesetzt. Waren die Bildungsräume nicht beckenförmig, und wurden die Schichten nicht an der Mündung grosser Flüsse abgesetzt, dann sind die marinen Schichten durch Lücken in der Reihe geschieden. Es ist nun einleuchtend, dass dort, wo ein Becken durch Dämme vom offenen Meere abgesperrt ist, wir nur eine unbedeutende Verschiebung der Strandlinie brauchen, um den Damm wechselweise zu überfluten oder trocken zu legen. Bei geringfügigen Strandlinienverschiebungen kann das Becken wechselweise mit Süss- und Salzwasser gefüllt werden Und solche Verschiebungen können somit, wenn das Becken tief ist, sogar den

Wechsel von mächtigen Süss- und Salzwasserbildungen aus tiefem Wasser bedingen.

E. Forbes zeigte, wie schnell sich in der Strandzone die Fauna mit der Tiefe des Wassers ändert. Geringfügige Tiefendifferenzen von wenigen Fuss reichen aus, um grosse Verschiedenheiten im Tierleben zu bedingen. Kleine unbedeutende Verschiebungen sind somit hinreichend, um einen Fossilienwechsel hervorzurufen. Auch sehen wir in der Tertiärformation nicht selten, dass nicht einmal das ganze Ästuarium von der Veränderung beeinflusst wurde. Während z. B. eine Stufe an einem Orte nur aus Süsswasserschichten aufgebaut ist, sind zuweilen in demselben Ästuarium, aber an anderen Orten, in der Mitte der Stufe marine Schichten eingeschaltet. Nach dieser Anschauung werden somit die Verschiebungen der Strandlinie durch Änderungen der Zentrifugalkraft bedingt".

Zur Erklärung der Schwankungen im Meeresstrande hat Penck auf die ungeheuren Eisbildungen hingewiesen, welche durch Massenanziehung eine Niveauveränderung benachbarter Meeresteile hervorrufen müssen. „Jedes periodische Zurückziehen der Vergletscherung", sagt er, „bedingt eine periodische Abnahme der Attraktion des Landes und damit ein periodisches Sinken des Meeres. Aber es ging die Vereisung nicht bloss stufenweise zurück, sondern auch mit lokalwechselnder Intensität, so dass das durch sie bedingte Sinken des Meeres sich nicht überall in gleichem Masse äusserte. In dem periodisch erfolgenden, lokal in seiner Intensität wechselnden Rückzuge der Vereisung liegt eine Quelle zu einem periodisch geschehenden, unregelmässigen Sinken des Meeres, welches wohl die angedeuteten Erscheinungen zu erklären vermag und die verschiedenen einzelnen Terrassen und Strandlinien samt deren so vielen Variationen unterworfenen Höhen zu begründen imstande ist". Diese Hypothese ist an sich durchaus nicht schlechter als viele andere, von denen die Geologen lange Aufhebens gemacht haben, allein das allgemeine Raisonnement Penck's ist dem mathematisch Geschulten nicht sympathisch und löst sich endlich vor der strengen mathematischen Untersuchung in Nichts auf. Eine solche strenge Prüfung haben E. von Drygalski und H. Hergesell unabhängig von einander geliefert. Drygalski kommt zu dem Ergebnisse, dass unter Annahme einer Mächtigkeit des skandinavischen Binneneises von 1000 *m* während des Maximums der Gletscherentfaltung auf der nördlichen Hemisphäre, lediglich unter der Wirkung der nordischen Inlandeismassen allerorts eine Senkung des Meeresspiegels stattgefunden hat, dass beim Rückzuge der Vereisungen lokale engbegrenzte Hebungen eingetreten sein können, dass diese aber in der Nähe des nordamerikanischen Eises den Betrag von etwa 12 *m*, in der Nähe des nordeuropäischen an der skandinavischen Küste den Betrag von 6 *m* kaum erreicht haben werden. Die thatsächlichen Elevationen lagen wahrscheinlich unter diesen

Beträgen und hatten somit verschwindende Grössen. Zusammenfassend seine speziellen Untersuchungen behauptet er: Die Differenzen in der Höhe des alten Meeresspiegels können nicht durch ungleich starke Attraktion des Inlandeises erklärt werden, weil eine viel zu grosse Mächtigkeit dazu erforderlich ist (Skandinavien, Grönland). Mächtigkeitsdifferenzen im Inlandeise reichen auch zur Erklärung so grosser Niveauunterschiede nicht aus, wie sie die Beobachtung kennen gelehrt". „Will man den hohen Meeresstand auf Bewegungen der Hydrosphäre zurückführen, so muss man eine partielle Verhüllung der Küsten durch Eis annehmen, weil sonst das Fehlen gleich hoher Meeresspuren in den benachbarten Gebieten ein Rätsel bleibt. Dann war der hohe Meeresstand auch nur möglich, wenn man ein Abschmelzen der heutigen antarktischen Eismassen bis zu einer Mächtigkeit von ca. 7000 *m* annehmen darf, wobei es eine offene Frage ist, ob die Eismassen am Südpol heute überhaupt eine derartige Mächtigkeit haben. Der hohe Meeresstand war ferner nur möglich, wenn man für die Inlandeismassen der nördlichen Hemisphäre eine ausserordentlich grosse Mächtigkeit (ca. 10000 *m*) zugestehen will, da es sonst unerklärt bleibt, warum sich der hohe Meeresstand auf die alten Gletscherbezirke beschränkt hat". „Der hohe Meeresstand muss bei einer möglichst grossen Entfaltung der Gletschermassen angenommen werden". „Da die erforderte Mächtigkeit alles, was Beobachtungen darüber gelehrt, um mehr als das Dreifache übertrifft; da ferner der hohe Meeresstand wenigstens in gewissen Gebieten (Christiania, mittleres Schweden, Schottland) in vorgeschrittenen Stadien des Gletscherrückzuges eingetreten ist, kann er durch Bewegungen der Hydrosphäre nicht ursächlich begründet werden. „Das Endresultat der ganzen Untersuchung ist, dass überhaupt Bewegungen der Hydrosphäre nicht im stande sind, die Thatsachen zu erklären. Ganz zu demselben Resultat kommt auch Hergesell in seiner wichtigen Arbeit. „Wir können", sagt er am Schlusse seiner mathematischen Entwickelungen, „diesen Erklärungsversuchen (Penck's) angesichts unser Formeln und Profile durchaus nicht zustimmen. Zuerst bedingt der Rückzug der Vereisung nicht ein Sinken des Meeres, sondern ein Steigen. das Sinken tritt erst spät ein, nachdem die Vereisung sich bedeutend zurückgezogen hat. Jedoch wollen wir hierauf nicht näher eingehen, da die Sache bereits erledigt ist, sondern zu dem Hauptpunkt, den lokalen Schwankungen, übergehen. Dass die lokalen Schwankungen, die hier erklärt werden sollen, bedeutende Beträge erreichen, geht aus den vorhin zitierten Stellen hervor. Auf den Orkneys, Faröern, Schottland sind gar keine Spuren höheren Meeresstandes, während in dem südlichen Schottland solche bis 200 *m* heraufreichen. Für Amerika führt Dana höhere Differenzen an, deren Werte noch viel bedeutender sind.

Die Karte, welche ein Bild von der Geoidfläche während

des Maximums der Vergletscherung geben soll, zeigt uns Wellen, deren Amplitude eine viel geringere ist, 12 *m* war das Maximum im Höhenunterschied von der Küste Grönlands zu der Skandinaviens, kaum 10 *m* erreichte derselbe Betrag vom Nordpunkt zum Südpunkt der skandinavischen Küste. Dieses sind Entfernungen, welche die Abstände, für welche die Höhenunterschiede durch Beobachtung konstatiert sind, bedeutend übertreffen. Die Wellen, welche unsere Geoidfläche zeigt, reichen auch nicht annähernd an die zu erklärenden Differenzen im Meeresstrande heran. Um dieses noch deutlicher zu machen, wollen wir näher auf die schon oft erwähnten schiefen Strandlinien im Altenfjorde eingehen. Nach dem französischen Physiker Bravais existieren in dem genannten Fjorde Strandlinien, die deutlich landeinwärts aufsteigen. Penck erklärt diese Thatsache durch die Form der Niveauflächen, die eben zur Eiszeit durch die Gravitation der Eismassen sich landeinwärts hoben. Penck selbst giebt folgende Zahlen: Die obere Strandlinie senkt sich von 68 *m* Höhe im Altenfjorde bis auf 28 *m*. Das macht auf 1000 *km* 40 *m*. Die untere dagegen von 67 *m* auf 41 *m*. Das macht auf 100 *km* 13 *m*. Wir sehen, das Gefäll ist bei beiden Linien ganz ungleichmässig, weshalb Penck die Beobachtungen bei der oberen Linie für falsch hält. Warum gerade diese Beobachtungen verworfen werden, ist nicht recht einzusehen. Halten wir uns jedoch nur an die Angaben, welche die untere Linie betreffen, dann haben wir für diese auf 100 *km* ein Gefäll, welches unsere Geoidfläche erst auf eine Entfernung von 230 deutschen Meilen zeigt. Am besten zeigt uns den Einfluss, welchen ein Fjord auf das Gefäll des Meeresspiegels haben muss, unser drittes Profil. Dieses ist durch den Raum zwischen beiden europäischen Eiscylindern gelegt, der ungefähr die Gestalt eines langen Meerbusens besitzt. Da haben wir auf eine Länge von 675 *km* ein Ansteigen von 7 *m*, also Zahlen, welche auch nicht annähernd an die beobachteten Höhenunterschiede von Bravais heranreichen. Eine andere Eisverteilung, die vielleicht unregelmässiger angelegt wäre, als die von uns angenommene, würde zwar eine Geoidfläche liefern, die noch welliger gebaut wäre, als die hier betrachtete. Jedoch die Amplitude der Wellen würde im Durchschnitt immer dieselbe bleiben. Solche intensive Schwankungen im Meeresspiegel können nur durch plötzliche Höhenschwankungen auf der Eisfläche erklärt werden, die bis zum Betrage von 1000 *m* heranreichen müssen. Wir glauben jedoch nicht, dass die Oberfläche des Inlandeises solche gewaltige Differenzen in den Höhen, zumal auf so kurzen Entfernungen gezeigt habe, seine Natur müsste denn eine ganz andere gewesen sein, als sie uns die Verhältnisse der Jetztzeit darbieten. Dazu kommt noch eins. Der höchste Stand des Meeres fand nach allen vorübergehenden nicht zur Zeit des Maximums der Vergletscherung, sondern erst bedeutend später

statt. Es musste sich dann durch das Schmelzen nicht nur die allgemeine Mächtigkeit der Eisdecke gemindert, sondern auch ihre lokalen Ungleichheiten vielfach ausgeglichen haben. Wir halten es demnach nicht für möglich, dass die Unregelmässigkeit der Verteilung und der Mächtigkeit der Eisdecke im stande ist, die Höhendifferenzen, welche bei den Spuren früherer Meeresniveaus zu Tage treten, zu erklären. So ist es denn auf Grund der vorgelegten Rechnungen und Untersuchungen unsere Überzeugung, dass die Gravitationstheorie — wenn wir mit diesem Namen die vielfachen Versuche zusammenfassen dürfen, welche durch Variationen in der Intensität der Schwerkraft die Schwankungen des Meeresspiegels erklären wollen — in keiner Weise im stande ist, den vorhandenen Thatsachen gerecht zu werden. Weder gelingt es ihr, überhaupt das durchschnittliche Ausmass dieser Schwankungen zu erklären, noch vermag sie die Hauptschwierigkeit, welche die früheren Erklärungsversuche hinfällig machte, die lokalen Differenzen in der Intensität der Schwankung, in einer einigermassen genügenden Weise aus dem Wege zu räumen. Wir halten daher auch diesen Erklärungsversuch der Meeresspiegelschwankungen für gescheitert. „Kein Zweifel kann nunmehr sein, dass Bewegungen der Hydrosphäre nicht ausreichen, um die oszillierenden Strandverschiebungen zu erklären. Die mathematische Prüfung hat uns vor der Herrschaft einer neuen geologischen Hypothese bewahrt, die zu schön war, als dass sie nicht sogleich viele Anhänger hätte finden sollen. Aber was nun? Soll der „Zusammenbruch des Erdballes“ von dem Suess spricht, genügen, um die Schwierigkeit zu beseitigen? „Warum fanden denn“, sagt E. v. Drygalski, „gerade und ausschliesslich in den alten Gletscherbezirken die Schwankungen statt? Wenn eine Senkung des Bodens in einzelnen Meeresräumen und ein Übergriff der Bewegung in die Festlandküsten, wie es Löwl gewollt, die scheinbare Erhebung der vereisten Küsten erklären soll, warum nehmen wir dann nicht auf der ganzen Erde so hohe Strandlinien wahr, da die Bewegung des Wasserspiegels sich doch über die ganze Erde verbreiten musste? Wir können doch unmöglich annehmen, dass alle anderen Erdräume die Bewegung des Meeresbodens mitgemacht haben, und nur die alten Gletscherbezirke zum Teil ausgeschlossen waren. Auch denke man an den Betrag der Senkung des Meeresbodens, der weit erheblicher sein müsste, als die grösste Höhe, die wir in alten Uferlinien erkannten, weil die Bewegung sich über alle Meeresräume verbreitete. Der sinkende Boden musste sich gegen die Festlandsmassive stauen, eine Erhebung der Küsten wäre die Folge, die den Einfluss der Wassersenkung unterstützt. Auch aus diesem Grunde müssten alle Küsten steigen, wenn man nicht wieder den sinkenden Meeresboden gerade zwischen die vereisten Areale verlegen will. So werden wir vor eine Menge von Rätseln

geführt, die alle nach dem einen Punkt hin konvergieren, warum die Bodenbewegung auf die alten Gletscherbezirke beschränkt blieb. „Eine jede Theorie wird hier unbefriedigend bleiben, die eine ursächliche Beziehung zum Eise nicht herzustellen vermag. Eine von Drygalski aufgestellte Hypothese erscheint uns aber als keine glückliche Bereicherung. „Eine mächtige Decke von Inlandeis“, sagt er, „muss unzweifelhaft ein erhebliches Ansteigen der Geo-Isothermen unter den vereisten Arealen zur Folge haben, teils weil der Druck der Eismassen selbst Wärme erzeugt. Eine Volumvermehrung der Erdrinde unter dem Inlandeis und eine Erhöhung der Plastizität bestimmter Erdlagen würde dadurch bedingt. Solange nun das Inlandeis noch da war, wirkte der Volumvermehrung, die eine Hebung des Landes bezweckte, das Gewicht des Eises entgegen. Sein Streben, die Erdrinde herabzudrücken, wurde erleichtert durch die gesteigerte Plastizität, das Gewicht des Eises siegte über die Kraft der Volumvermehrung, der Boden senkte sich, ein Übergreifen des Meeres fand statt. Dann folgte der Rückzug des Eises — vielleicht infolge der gesteigerten Durchwärmung des Untergrundes, die das Abschmelzen begünstigen musste —, ein sofortiges Zurückfallen der Geo-Isothermen ist nicht wahrscheinlich, so hörte zuerst am Rande der Kampf zwischen dem Druck des Eises und der Volumvermehrung des Bodens auf, das letzte Agens blieb allein in Kraft und erhob den Boden zu oder über seinen ursprünglichen Stand. Damit kamen die Strandlinien und Terrassen in die so wechselnd hohe Lage“.

Die berühmten Strandlinien im Lochaber Distrikte in den schottischen Hochlanden sind von Dr. Sandler eingehend geschildert worden [1]). Man erblickt sie schon aus der Ferne in Gestalt eines wagerechten Strichs, der durch hellere Färbung aus dem Grün des Vordergrundes hervorsticht und selbst aus dem Nebelgrau der Ferne deutlich herausschimmert. „Obgleich“, sagt Sandler, „diese Linie, von unten gesehen mit aufdringlicher Deutlichkeit erscheint, ist es doch leicht möglich, beim direkten Aufwärtssteigen über sie hinüberzuschreiten, ohne sie inne zu werden, weil zahlreiche uferlose Wasserfäden, Flecken hochgewachsenen Haidekrautes, nasses Moos, Felsbrocken, Wasserpfützen, Gras und Farnkraut die nächste Umgebung zu mannigfaltig machen. Von einem höher gelegenen Standorte aus erblickt man dann an Stelle der gesuchten Linie ein schmales, horizontales Band, welches einem überwachsenen Wege („road“) gleichsieht. Unbeirrt auf irgend einen auffallenden Punkt desselben zugehend, verfehlt man ihn nicht zum zweiten Male und erkennt, nachdem man einmal sicher weiss, dass man auf ihm steht, sofort eine sehr charakteristische Eigenschaft von ihm, welche für weiterhin fast alle Zweifel über die Lage des „Weges“, wo er überhaupt

[1]) Mitteil. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1888. p. 195 u. ff

vorhanden ist, ausschliesst; der Böschungswinkel des Gehänges auf 2 — 3 *m* von der äusseren Kante des „Weges“ abwärts ist nämlich weit grösser als der allgemeine (durchschnittliche) Böschungswinkel des Bergabhanges und auch grösser als der des Gehänges unmittelbar über der inneren Kante.“

Am östlichen Thalgehänge erblickt man sogar drei Striche, völlig einander parallel, sofort in die Augen fallend, die sich mit dem Roy-Thal nordwärts hinziehen. Genaue Messungen haben ergeben, dass die Linien nicht völlig horizontal sind, sondern schwach gewellt, die oberste liegt in 352, die mittlere in 328, die untere in 263 *m* Seehöhe. Dass es sich um Strandlinien handelt, kann keinen Augenblick zweifelhaft sein, allein der Hypothese mariner Strandlinien steht der Umstand entgegen, dass die Linien fern vom Meere endigen ohne Spur einer Fortsetzung nach der See. Sandler ist der Meinung, dass die Gewässer des Roy-Thales einstmals durch einen Eisdamm zu einem See aufgestaut waren, und entscheidet sich also hier für die sogenannte lacustrine Strandlinientheorie im Sinne von Agassiz. Die Parallelwege können nur nach dem Höhepunkt der schottischen Eiszeit entstanden sein, und gewisse Querwälle zwischen ihren Endpunkten bezeichnen Unterbrechungen im Wegschmelzen einer nach dem Ben Nevis sich zurückziehenden Eismasse.

Eine interessante, auf eigenen Beobachtungen beruhende Studie über Strandlinien und Terrassen (Norwegens) hat Chr. Sandler veröffentlicht [1]), in welcher er bezüglich der Entstehung dieser Bildungen zu den Anschauungen von Suess neigt.

An der istrischen Küste zwischen Grapo und Pola hat V. Hilber sorgfältige Untersuchungen über die Bewegungen der Strandlinien ausgeführt [2]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass Änderungen der Strandlinien durch säkulare Veränderung derselben auf jenem Gebiete nur belanglos sein könnten. Weit rascher geht die Zerstörung der Küsten durch Brandungswellen vor sich oder die Verlandung von Meeresteilen durch Zufuhr festen Materials vom Lande her. Das nicht zu leugnende Versinken der römischen Hafenbauten rührt von der Zerstörung der Küstenteile durch das Meer her. Dieser Ansicht bereiten freilich grosse Schwierigkeiten die Ablagerungen rezenter Meereskonchylien, Strandgerölle und Ziegelstücke über dem heutigen Seeniveau im Val Orvina bei Pola und im Val Fontane bei Medolino. Diese Ablagerungen können vom Meere nicht etwa ausgeworfen sein, und sie deuten auf eine ungleichmässige Veränderung der Strandlinien, also auf Vorgänge, welche der Suess'schen Anschauung, die auch von Hilber vertreten wird, nicht entsprechen. Bezüglich Venedigs hat S. Fischer wahrscheinlich gemacht, dass der Boden dieser Stadt

---

[1]) Petermann's Mitteilungen 1890 Heft 9 u. 10.

[2]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 98. Abteil. I p. 278. 1889.

langsam gesunken ist, ja dass der ganze Charakter dieses einst so berühmten Handelsemporiums durch dieses säkulare Sinken erst geschaffen worden [1]). Der älteste Bericht über das Veneter Gebiet ist derjenige des Cassiodorus, welcher um 520 Kanzler Theodorichs d. Gr. war. Er schreibt von jenem Gebiete, dass daselbst Flut und Ebbe abwechselnd die Felder überschwemmten und wieder trocken liessen, und dass die Häuser den Nestern der Wasservögel glichen. Damals aber gab es noch kein Venedig, sondern nur einen Ort Rivoalto, welcher 421 als Hafen- und Zufluchtsstätte von Padua gegründet worden war. Die Schilderung des Cassiodorus bezieht sich offenbar auf das dortige Seeland im allgemeinen und schliesst nicht aus, dass es daselbst Festlandflecken gab, welche nicht von der Flut überströmt wurden. Dies beweist schon der Umstand, dass es in jenem Litorale mehrere Sitze von Suffragan-Bischöfen gab. Der Boden Venedigs gehört nach Fischer zweifellos einem Deltaland an, das anscheinend einst noch über den heutigen Dünenverlauf hinausreichte. Wenigstens wurde in historischer Zeit bei Malamocco ein Teil des Festlandes vom Meere verschlungen, woran noch der Name eines Forts erinnert. Die Auffindung eines uralten Abzugskanals zwischem dem Platze St. Maria Formosa und der Rialtobrücke, dessen innerer Gewölbescheitel mehr als ein Fuss unter dem gewöhnlichen Flutspiegel liegt, beweist, dass der Boden dort einstmals höher liegen musste, und Fischer kommt zu dem Ergebnisse, dass derselbe ursprünglich 9—10 Fuss über dem mittleren Meeresspiegel gelegen habe. Es findet sich also auch hier die Thatsache einer langsamen, durch viele Jahrhunderte fortdauernden Senkung bestätigt, welche man von Padua, Adria, Ferrara, Ravenna auch kennt. Ravenna war zur römischen Kaiserzeit ungefähr beim Zustande des heutigen Venedig angelangt, da sich aber das Meer von ihm entfernte, und es seinen Charakter als Seestadt verlor, so musste es sein Planum um 3 *m* heben, Padua hat sogar seinen Boden über jenen in der Römerzeit um 5 bis 7 *m* erhöhen müssen. Anders Venedig. „Teils", sagt Fischer, „lenkten sich zufällig die grösseren benachbarten Flüsse von dieser Stadt ab, teils hielt sie die eiserne Ausdauer der thatkräftigen Bewohner fern; so blieb es trotz der beiderseitigen Flankierung durch jüngeres Neuland. Als solcher genügte der Stadt ein geringes Überragen ihres Bodens über das Meer. Sie konnte daher unbeschadet ihrer Sicherheit und unbeschadet der Interessen ihrer Bewohner durch längere Zeit ruhig einem Sinken ihres Bodens zusehen. Dieses ruhige Zuwarten fand erst seine Grenze, als der Schutz vor Überflutung durch das Meer zu fehlen anfing. Von dieser Zeit ab musste freilich auch Venedig das Mass des Sinkens ausgleichen, und daher rühren die mehrfachen Pflaster

[1]) Mitteil. d. Geogr. Ges. zu Wien 1890. p. 377.

übereinander auf Strassen und Plätzen." Fischer macht darauf aufmerksam, dass der Kanal Grande wahrscheinlich den ungefähren Lauf des Flusses darstelle, welcher den grössten Teil des Venetianer Bodens aufgeschüttet hat. Darauf deute sein schlangenförmiger Zug, den man künstlich gewiss nicht angelegt haben würde. Seinen Flanken entlang strichen also die natürlichen Uferleisten. Wahrscheinlich sei auch die ursprüngliche Stadt auf das höhere Terrain längs einem Teile des Kanals beschränkt und von keinem oder nur sehr wenigen Kanälen durchschnitten gewesen. „Erst als die Stadt sich erweiterte, und doch kein hoher Boden mehr vorhanden war, als die alte Stadt so weit gesunken war, dass man an eine Ausfüllung ihrer Strassen und Plätze denken musste, und doch keine Erde dafür zur Verfügung hatte, erst dann mochte man daran gehen, die verschiedenen kleineren Kanäle auszuheben, und dies um so leichter und lieber, als das Schiff der Bewohner Boden, und das Meer ihr Element war, auf dem sie sich heimisch fühlten. Dass, wenn nicht alle, so doch mit ganz geringen Ausnahmen alle kleinen Kanäle rein willkürlicher künstlicher Aushebung ihr Entstehen verdanken, zeigt deutlich ein Blick auf ihren Verlauf. Von einer Anzahl derselben ist auch die Herstellungszeit bekannt." Gleichzeitig mit dem Stadtboden sank natürlich auch der ursprüngliche, das Deltaland mit dem Festland verbindende Landstreifen. Hierdurch, vielleicht auch durch teilweise Abtragung verschwand derselbe vollständig bis auf Reste mit Ansiedelungen, und Venedig wurde zur vollkommenen Inselstadt, wie wir sie heute sehen Das ist nach Fischer die physische Geschichte der Entstehung der Lagunenstadt, der Ansiedelung seekühner Menschen auf sinkendem Erdboden. Und merkwürdig genug, während der Hauptfluss der unteritalischen Ebene, der Po, sein Bett immer mehr erhöhte, so dass er nur noch künstlich als Strom zwischen Dämmen, hoch über der umgebenden Niederung, zusammengehalten wird, versinken die Küstengestade seit Jahrtausenden langsam, aber unaufhaltsam in den Fluten des Ardiatischen Meeres.

V. Hilber giebt [1]) bezüglich der Ursachen, welche Änderungen im Niveaustande des Meeres hervorrufen können, folgende tabellarische Übersicht:

A. Vertikale Ursachen.

a) Terrestrische Ursachen.

α) Niveauänderungen der Erdfesten: 1) säkulare Hebungen und Senkungen. 2) Gebirgsbildung. 3) Verwerfungen. 4) Zusammensitzen und Abrutschen.

β) Niveauänderungen des Meeres: I. Attraktion. 1) Niveauänderung der Festen. 2) Eisanhäufung und Entfernung. 3) Vul-

[1]) Zeitschr. für wissenschaftl. Geogr. 6. p. 201. 7. p. 286.

kanische Bildungen. 4) Sedimentierung und Erosion auf dem Meeresgrunde. II. Wassermenge: 1) Eindringen des Wassers ins Erdinnere. 2) Änderung der auf dem Festlande und in der Luft kreisenden Wassermenge. 3) Wasserzufuhr und Verdunstung. III Wasserdichte IV. Luftdruck. V. Rauminhalt der Meeresbecken: 1) Flächenänderung. 2) Tiefeänderung.

b) Kosmische Ursachen.

1) Änderung der Erdaxenlage. 2) Änderung der Dauer der Erdrotation. 3) Flutbewegung.

B. Horizontale Verschiebungen.

1) Hebung und Senkung des Uferstriches über und unter das Meeresniveau. 2) Verlandung und Erosion des Ufers

Diese einzelnen Faktoren sind in ihrer Bedeutung für die Niveauänderung des Ozeans sehr verschieden, und im einzelnen lässt sich darüber wohl kaum etwas Sicheres bestimmen. Am beträchtlichsten dürften, falls sie überhaupt aktiv vorkommen, säkulare Hebungen und Senkungen und Gebirgsbildung sein, dann die Veränderungen der Wassermenge und des Rauminhalts der Meeresbecken, endlich die kosmischen Ursachen. Es ist schwer, in dieser dunklen Sache ein bestimmtes Urteil abzugeben, allein es scheint, dass die kosmischen Ursachen eine weit grössere Rolle spielen dürften, als man bisher zuzugeben geneigt war.

Korallenriffe Diese Bildungen, der Schrecken des Seefahrers, sind für den Erdkundigen von höchster Wichtigkeit, und die Vorstellungen von der Art und Weise ihrer Entstehungen knüpfen sich an den berühmten Namen Darwin an.

„Das Interesse an der Untersuchung des Baues der Korallenriffe“, sagt Kapitän Hoffmann sehr schön [1]), „muss in erhöhtem Masse wachgerufen werden, wenn man von Osten kommend die Felsenküsten der Südspitze Amerikas noch in der Erinnerung hat und nun nach 30- bis 40-tägiger Seereise vor sich die Atolle der Paumotus auftauchen sieht. Schmale, weiss gebleichte Korallendämme schlängeln sich wurmförmig viele Meilen weit hin, nur stellenweise von spärlicher Vegetation, zuweilen von einigen hohen Kokospalmen bestanden. Die Brandung läuft schäumend an diesen Dämmen auf, jenseits breitet sich ein ruhiges Wasser aus, am äussersten Horizont taucht dahinter der begrenzende Damm der anderen Seite auf. So zeigt sich uns Waterland, Fliegeninsel u. a., an denen man bei stillem Wetter langsam dahinsegelt, sie rufen zuerst einen Eindruck höchster Fremdartigkeit, dann aber grenzenloser Öde hervor. Eine alte Erinne-

[1]) Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin. 9. p. 229.

rung an das, was man früher von Koralleninseln gehört hat, erkennt man in dem kreisrunden Atoll Mataiwa (Lazareff), eine stille hellgrüne Lagune, umgeben von einem dichten Kranz grüner Vegetation, darum ein weisser Reif schäumender Brandung, alles im seltsamen Kontrast zu dem tiefblauen Ozean"

Man unterscheidet bei diesen Riffen drei Klassen: Saumriffe, welche sich den Küsten unmittelbar anschliessen und kaum oder nicht über den Meeresspiegel emporragen, Barrièreriffe, die dem Küstenlaufe folgen, aber vom Lande durch einen mehr oder weniger breiten Kanal getrennt sind, und endlich Lagunenriffe oder Atolle, die als schmale, ringförmige Wälle erscheinen, welche ein seichtes Wasserbecken umgeben, das bisweilen mit dem Meere in Verbindung steht. Bezüglich der Saumriffe ist unmittelbar einleuchtend, dass sie entstehen, indem die Korallen nur in mässigen Tiefen leben können und an sanft abfallendem Strande gut gedeihen. Wo das Meer sehr seicht ist, können diese Riffe ihren umsäumenden Charakter verlieren und erscheinen dann als unregelmässig zerstreute Riffe von bisweilen grosser Ausdehnung. Bezüglich der Atolle erachtete Darwin als wahrscheinlich, dass sie die Lage versunkener Inseln bezeichnen, um welche die Korallen ursprüglich Saumriffe bauten, welche in dem Masse, als die Inseln sanken, und da die Korallen an der äusseren, vom Meer bespülten Seite am besten gedeihen, zuerst zu Barrièreriffen und endlich zu Atollen wurden. Ist die Senkung rascher, als die Korallen wachsen können, so müssen diese zuletzt absterben, das Riff ersäuft, und es entsteht eine atollförmige Bank von totem Gestein, die bei fortschreitendem Sinken durch Anhäufung von Schutt endlich eine nahezu horizontale Oberfläche erhält. Das ist in kurzen Zügen die berühmte Darwin'sche Theorie der Korallenriffbildung, die geraume Zeit hindurch als unzweifelhaft richtig allgemein angenommen, dann von Murray lebhaft angegriffen wurde. Letzterer hat eine andere Hypothese aufgestellt, die im wesentlichen folgendermassen lautet [1]): Im seichten Wasser leben zahlreiche Tiere, besonders Foraminiferen mit Kalkschalen. Nach dem Tode dieser Tiere sinken ihre Schalen hinab zum Grunde des Meeres. An seichten Stellen, wo der Kohlensäuregehalt ein geringer ist, häufen sich diese Schalen an und bilden ein kalkiges Sediment von stetig wachsender Mächtigkeit. An tiefen Stellen aber werden diese Kalkschalen wegen des hohen Kohlensäuregehaltes des Wassers rascher aufgelöst, als sie sich anhäufen können: hier in den Tiefen bildet sich daher kein Kalksediment. Der Meeresgrund ist nicht eine regelmässige Kugelfläche, sondern er ist undulierend, und es ragen vielerorts Erhebungen aus der abyssalen Tiefe empor. Viele dieser

---

[1]) **Lendenfeld in der Gaea 1890. p. 198.**

Erhöhungen des Meeresbodens reichen in das Niveau der Kalksedimentbildung hinauf, und auf ihrem Scheitel lagert sich daher eine stetig wachsende Lage von Kalksediment ab, während in den umgebenden Tiefen nur die Kieselschalen und Staub akkumulieren. Diese werden daher unvergleichlich langsamer angeschüttet. Die Folge hiervon ist, dass die bestehenden Erhöhungen fortwährend wachsen, und zwar um so rascher, je näher sie an die kohlensäurearme Oberfläche des Meeres herankommen. Endlich erreichen sie die 50-Meterlinie. Korallen siedeln sich nun auf dem Scheitel der Sedimentkuppe an, und diese wachsen in die Höhe, fussend auf den abgestorbenen Skeletten ihrer Ahnen. Die äussersten Korallen enthalten die meiste Nahrung — denn an sie prallt das nahrungbringende Wasser zuerst an — und wachsen deshalb rascher wie die Korallen im Innern. Sie erreichen — die Korallen am Rande nämlich — endlich das Meeresniveau, Stürme türmen Korallentrümmer über der Flutgrenze auf dem kraterwallartig erhöhten Riffrand auf, und das Atoll ist fertig."

In der von Bonney herausgegebenen neuen Auflage des Darwin'schen Werkes über die Korallenriffe [1]) werden die Einwendungen von Murray lebhaft bekämpft und vielfache neuere Beobachtungen angeführt, welche für Darwin's Theorie sprechen. Am wichtigsten ist wohl das Zeugnis von Dana. Dieser berühmte Geologe betont nachdrücklich, dass Murray's Theorie jeglicher Grundlage entbehre und mit offenbaren Thatsachen in Widerspruch stehe. Den Ausführungen Bonney's, welcher die Argumente gegen die Darwin'sche Senkungstheorie eingehend widerlegt, fügt R. v. Lendenfeld noch mehrere wichtige Bemerkungen hinzu [2]). Er erwähnt dabei, dass die Gegner der Darwin'schen Theorie den Einwurf machten, dass nach derselben fossile Korallenriffe existieren müssten, was aber nicht der Fall sei, dass aber dieser Einwurf nur auf völliger Unkenntnis der Thatsachen beruhe, indem nach den Untersuchungen von Richthofen, Mojsisovics und anderen ein beträchtlicher Teil der Kalkalpen von Südtyrol, Kärnten und Steiermark nichts anderes als alte Korallenriffe sind, die nicht nur allen Anforderungen der Darwin'schen Senkungstheorie entsprechen, sondern deren Richtigkeit direkt beweisen.

An den Korallenriffen der Java-See und überhaupt im westlichen Teile des indischen Archipels hat C. Ph. Sluiter Untersuchungen angestellt [3]). Dort findet man an verschiedenen Stellen Korallenriffe in allen Stadien der Entwickelung mit Ausnahme der Atolle. Sluiter weist nach, dass sich fern vom Strande, auf

[1]) Darwin, the Structure and Distribution of Coralreefs III. Edition with an Appendix by Prof. T. S. Bonney. London 1889.

[2]) Naturw. Rundschau 1889. Nr. 51.

[3]) Naturkundige Tijdschrift voor Nederlandsch Judïi 1889. **49.** p. 360.



Die Lochaber-Strandlinien in Schottland.

reinem Schlammboden Anfänge von Riffen dadurch bilden können, dass junge Korallen sich auf zufällig dort hin gelangten Bimssteinstücken und selbst Muschelschalen ansiedeln. In dem Masse als die Korallen wachsen, versinkt die Unterlage im Schlamm und schafft dadurch im Laufe der Jahre eine feste Fundierung. In der Java-See bauen sich die Riffe gleich anfangs auf weiten Flächen auf, die gleichmässig bis nahe zum Meeresspiegel wachsen. Erst wenn dieser nahezu erreicht ist, beginnt der mittlere Teil des Riffs an abzusterben, und es häufen sich dort Sand und Trümmer auf, es entstehen Barrièreriffe, sehr selten aber Atolle. Diese Ergebnisse sprechen im ganzen nicht gegen die Darwin'sche Theorie, aber sie machen es wünschenswert, dass genaue und systematische Beobachtungen über die Thätigkeit der Korallen angestellt werden. Darauf weisen auch die Wahrnehmungen, welche Sluiter bei der Insel Krakatau machte. Er fand dort im November 1888 auf den abgestürzten Basaltgesteinen einen Saum von Korallen, der bereits 1 *m* breit war, aber höchstens ein Alter von 5 Jahren haben konnte. Bei einem zweiten Besuch im Juni 1889 war dieses junge Riff aber bereits teilweise wieder zerstört, indem von einer senkrechten Basaltwand Steine herabgestürzt waren und dasselbe bedeckt hatte. Dazu ergaben die Züge mit dem Schleppnetz, dass alle grösseren Bimssteinstücke bereits reichlich mit Korallen bewachsen waren.

Guppy hat die Riffe der Salomons-Inseln untersucht [1]) und durch mehr als 300 Lotungen den Abfall derselben gegen den Ozean genau ermittelt. Diesen Lotungen gemäss, findet sich zunächst bis zu 4 oder 5 Fuss Tiefe ein sanfter Abfall, dem ein steiler Absturz bis zu 20 oder 30 Faden Tiefe folgt. Hierauf trifft man wiederum auf einen sanften Abfall (von 16—20°) oder auf eine flache Bank, und dieser folgt der Übergang zu den grossen Tiefen des Ozeans. Lebende Korallen fand Guppy nur an den oberen steilen Abstürzen, an deren Füssen die See groben und feinen Sand aufhäuft, welcher hier das Gedeihen der Korallen verhindert. Nur in einem Falle, beim Choiseul-Riffe, traf er jenseits des Sandgürtels abermals auf lebende Korallen. Hieraus schliesst Guppy, dass, wenn der Absturz tiefer hinabreicht, als die untere Wachstumsgrenze der Korallen, also über 30 Faden, sich nur ein Küstenriff bilden kann, während dann, wenn dem Absturz eine flache, sandfreie Bank folgt, sich dort wiederum Korallen ansiedeln, und ein Dammriff entsteht. Auch Teile, die für die Korallenansiedelung zu tief liegen, können, sobald Hebung sie in die günstige Zone bringt, besiedelt werden. Hiernach wäre es unmöglich, dass der Kanal zwischen einem Aussen- und Innenriffe tiefer als 20—30 Faden sein könnte, entsprechend

---

[1]) Proc. Roy. Soc. of Edinbourgh 1885—86, Guppy, Salmon-Islands 1887, im Auszuge in Potonié's Wochenschrift 1889. Nr. 18.

der unteren Wachstumsgrenze der Korallen. Thatsächlich findet bisweilen das Gegenteil statt. Indessen macht Guppy darauf aufmerksam, dass die untere Grenze für das Gedeihen der Korallen je nach den Umständen auch erheblich tiefer, selbst bis zu 50 Faden anzusetzen sei. Mehrere Riffe des untersuchten Gebietes umgeben offenbar unterseeische, vulkanische Erhebungen, deren Gestein hier und da zu Tage tritt, ähnlich wie Murray angenommen hat. Auch kommt er auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnisse, dass die Mächtigkeit eines gehobenen Riffes niemals grösser ist, als die Tiefe, in welcher Korallen noch gedeihen. Im allgemeinen spricht Guppy die Überzeugung aus, dass Atolle und Dammriffe keineswegs die Ergebnisse von Senkung sind, und dass das ganze Gebiet der Südsee, woselbst die Riffe vorkommen, statt einer Senkung vielmehr eine Hebung erfahren haben.

Guppy hat auch die Keeling- oder Kokosinseln besucht, die einst Darwin vorzugsweise Anregung zu seiner berühmten Theorie von der Entstehung der Atolle gaben. Guppy macht darauf aufmerksam [1]), dass die gewöhnliche Beschreibung eines Atolls eine sehr irreführende Vorstellung über die wahre Natur eines solchen erwecken muss. Ein Querschnitt durch ein etwa 6 Seemeilen im Durchmesser haltendes Atoll der Keeling-Inseln, dessen Lagune 9—10 Faden Tiefe hat, würde im Massstabe 1 Zoll auf 1 Seemeile von der 1000 Faden-Linie an gezeichnet eine flachgipflige Erhebung darstellen, bei der die Lagune des Atolls durch eine Depression im Bereiche der höchsten Erhebung mittels einer fast unmerklichen Einsenkung von nur ca. $^1/_{100}$ Zoll ausgedrückt sein würde. In einem so unbedeutenden Verhältnis steht die Einsenkung in einem Atoll zu der Breitenausdehnung desselben, dass die Gestalt einer solchen in Wirklichkeit eine fast ebene, nur ganz flach muldenförmige ist. Guppy hat die Vorgänge bei der Entstehung hufeisen- oder halbmondförmiger Atolle eingehend studieren können. In erster Linie wirkt hierbei die Meeresströmung mit, welche den durch die Wellen an der Aussenseite des Riffs unaufhörlich gebildeten Sand in der Richtung der Strömung an beiden Seiten der Insel vorbeiführen und hinter ihr in zwei seitlichen Bänken wieder ablagern wird, gerade so, wie sich hinter einem Stock, den man in den Sand eines Flusses steckt, ein V-förmiger Sandrücken bilden wird. Die lebhafte östliche Strömung, welche während 11 Monaten des Jahres durch den Südostpassat erzeugt wird, zieht mit 0.5—2 Knoten Geschwindigkeit an dem Archipel vorbei, durch letzteren in einen nördlichen und südlichen Arm geteilt, die sich an der nordwestlichsten Insel wieder vereinigen und einen grossen Wirbel dar-

[1]) Nature 1889. p. 236 Verhandlgn. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1889. p. 70.

stellen. Diese Strömung führt eine grosse Menge Sand in die Lagune ein, die Guppy auf ca. 10 Tons pro Tag schätzt, und welcher als die Hauptursache der allmählichen Umgestaltung anzusehen ist. Wenn, wie bei den Maladiven, im Jahre zwei verschiedene Hauptwindrichtungen herrschen, wird dieser Umstand die Bildung ringförmiger Atolle begünstigen, während das Vorwalten einer Windrichtung bei den Keeling-Inseln hufeisenförmige Inselbildung fördert. Auf einen anderen wichtigen Faktor bei der Inselbildung durch Korallen wurde Guppy durch die Beobachtung geführt, dass sich ausserhalb der Linie des eigentlichen Riffs noch Reihen von unter Wasser befindlichen, durch sandige Stellen von einander getrennten, lebenden Korallenbauten befinden, die 4—30 Faden Wasser über sich haben, und welche wesentlich zum Wachstum der Insel beitragen. Sobald solche Korallenkolonien den Meeresspiegel erreicht haben, wird sich aus ihnen ein Barrièreriff bilden, dessen Lagune durch Sand und Korallenreste allmählich ausgefüllt wird. So geht das Wachstum der Inseln sprungweise vor sich, namentlich dort, wo der Meeresboden sehr allmählich zu grösseren Tiefen abfällt, und wo Sand und die Gegenwart von viel Sedimentstoffen im Meereswasser das Wachstum der Korallen an der Seeseite des eigentlichen Riffs hindern. Hier wird dann in weiter Entfernung von demselben in reinem und tieferem Wasser neue Korallenbildung vor sich gehen.

Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel sind von J. Walther untersucht worden[1]), und diese Untersuchungen sind von besonderer Wichtigkeit, weil sie, ausgehend von den Orten heutigen Korallenlebens, landeinwärts schreiten zu den toten Riffbauten der Vergangenheit. An den Küsten der Sinaihalbinsel bildet das lebende Riff einen nur wenige Meter breiten Saum, der dem Umriss der Küste sich anschmiegt oder als Klippe und pelagisches Riff im Meere aufragt. Ausserhalb der See findet man ein 10 *m* hohes, jüngeres fossiles Riff, und endlich reichen an mehreren Orten Kalke oder Dolomite mit zahlreichen Korallenpetrefakten bis zu 90 und selbst 230 *m* empor. Sie können als älteres fossiles Riff bezeichnet werden. Die pelagischen Riffe des Suez-Busens treten in der Verlängerung untertauchender Bergrücken auf und besitzen ein diesen paralleles Streichen. Der schmale Riffzug kann sich bald verbreitern, bald Äste abgeben, bald sich in einzelne isolierte Riffe auflösen, und eine Anzahl solch kleinerer, vereinzelter Riffe zeigt deutlich die Form von ringförmigen Atollen. Es können also im linearen Baue längsgestreckter Riffe durch seitliche Abzweigung ringförmige Riffatolle entstehen bei einer negativen Strandverschiebung (Hebung des Bodens), während nach Darwin positive Strandverschiebung eine wesentliche Vorbedingung der Atoll-

[1]) Abhandlungen der math.-phys. Klasse der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. **14.** Nr. 10.

bildung sein soll. „Zugleich lässt sich hier kein ursächlicher Zusammenhang zwischen der runden Form des Atolls und dem Relief des Untergrundes nachweisen. Es scheint daher, dass die Atollbildung hier nicht durch „Senkung" beeinflusst wird und vielmehr von anderen, biologischen Faktoren abhängig ist. In dem Masse, als man sich von der Riffkante aus dem Ufer nähert, sterben die Korallen mehr und mehr ab, das formenreiche Tierleben tritt Schritt für Schritt zurück. Die weissen Detritusflecke werden immer grösser, die Korallenstöcke immer kleiner, bis endlich am Strande auch terrigene Elemente sich am Sedimente beteiligen. Was die Mächtigkeit der Riffe betrifft, so wurden bei den älteren fossilen 2—7 *m*, bei den jüngeren fossilen 3—9 *m*, bei lebenden ca. 3 *m* beobachtet. Die fossilen und wahrscheinlich auch die lebenden Korallenriffe sitzen als dünne Krusten auf den Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine; sie fehlen auf den weicheren und bröckeligen Küstengesteinen der Sinaihalbinsel. Das Auftreten fossiler Riffe in der Höhe von 230 *m* weist auf eine negative Strandverschiebung hin, welche die Gebirge und mit ihnen die Korallenriffe vom Wasser teilweise entblösst hat. Durch sie ist eine Anzahl von Felsenklippen, die vorher in grosser Wassertiefe sich befanden, der Meeresoberfläche nahe gekommen und bieten den Korallen einen günstigen Untergrund. Das subfossile Riff am Strande lehrt, dass jene negative Bewegung des Ufers bis in die jüngste Vergangenheit hinein fortdauert, und auch an den Küsten auftretende „Salzthone", welche weiter nichts als eingedampfte Lagunen und meerentblösste Sande sind, sprechen dasselbe aus. Ihr Sediment stimmt völlig überein mit jenem salzigen Schlamm, den die tiefe Ebbe auf dem Strande von Suez entblösst. An vielen Stellen effloresziert auf der Sinaihalbinsel noch weit landeinwärts Salz, und an vielen Orten finden sich zahlreiche Cerithien, die, wenn nicht die einzigen, so doch die vorwaltendsten Vertreter der Fauna sind, welche in den Salzlagerungen ihr Leben noch fristen.

Das Wachstum der Korallenriffe im roten Meere ist also ein seitlich ausgreifendes Flächenwachstum entsprechend dem zunehmenden Hervortreten des Landes aus dem Meere, wodurch die Riffe allmählich dem Seewasser entzogen werden. Daher erscheinen die lebenden und fossilen Korallenriffe der Sinaihalbinsel gleichsam wie dünne Krusten auf felsigem Boden; während bei Senkung des Landes nach Darwin ein Dickenwachstum der Riffe eintritt.

7. Das Meer.

Eine Zusammenstellung der Niveauunterschiede der Europa umgebenden Meere auf Grund der neuesten und zuverlässigsten Ermittelungen hat Makaroff gegeben [1]. Wird der

[1]) Nature 1889. p. 1059.

mittlere Stand des Atlantischen Ozeans bei Lissabon als normaler Nullpunkt angenommen, so ergeben sich folgende mittleren Niveaustände:

Westliches Mittelmeer	—434	*mm*
Östliches Mittelmeer	—507	„
Ägäisches Meer	—563	„
Marmara-Meer	—360 bis —291	„
Schwarzes Meer	+246	„
Westliche Ostsee	+259	„
Östliche Ostsee	+254	„
Finnischer Busen	+415	„

Die Durchsichtigkeit des Meerwassers ist zu verschiedenen Zeiten und nach verschiedenen Methoden untersucht worden, doch kann man durchaus nicht sagen, dass die erhaltenen Resultate allgemein unter einander vergleichbar seien, oder das Problem bis jetzt zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht wäre, dazu kommt, dass die von den verschiedenen Reisenden erhaltenen Ergebnisse sich nirgend gesammelt finden. Prof. Krümmel hat daher eine recht dankenswerte Arbeit geliefert, indem er eine kritische Sichtung und Zusammenstellung alles desjenigen Materials ausführte [1]), welches für das in Rede stehende Problem von Belang ist. „Dem praktischen Seemann“, bemerkt er einleitend, „ist die grosse Verschiedenheit in dem Grade der Durchsichtigkeit der einzelnen Meere durchaus geläufig; er weiss, dass er sehr wohl an tropischen Küsten das farbenreiche Tierleben am Meeresgrunde in Tiefen von 20 und mehr Metern beobachten, den Schiffsanker vom weissen Sandgrunde unterscheiden kann, nicht nur bei Sonnenschein, sondern unter Umständen auch nachts beim Lichte des Vollmondes. Die westindischen Gewässer, das Rote Meer, einzelne Teile des australasiatischen Archipels erscheinen in der Litteratur besonders ausgezeichnet in dieser Hinsicht. Horsbourgh sagt, dass er einmal bei der Philippinen-Insel Mindoro die gefleckten Korallen sogar in 25 Faden oder rund 45 *m* Tiefe erkannt habe. Wenn William Scoresby, indem er auch die auffallende Klarheit der Gewässer bei Spitzbergen rühmt, erwähnt, dass Kapt. Hood im Jahre 1676 an der Küste von Nowaja Semlja nicht bloss den Sandgrund in 80 Fad. (145 *m*) Tiefe, sondern auch noch die weissen Muscheln auf diesem erkannt habe, so dürfte es sich hier wohl um einen Schreibfehler handeln und „Fuss“ statt Faden zu lesen sein. Immerhin wäre auch für das Nordmeer eine Durchsichtigkeit bis zu 80 Fuss oder 25 *m* noch bemerkenswert.

Alles dies sind im Grunde genommen aber nur Ergebnisse rein zufälliger Beobachtungen, die erst dann ein wissenschaftliches Interesse gewännen, wenn die Beobachter genau angeben würden, welches die äusserste Tiefe war, in welcher sie weisse Muscheln oder dergl. noch am Meeresgrunde erkannten; obige Daten aber

[1]) Annalen der Hydrographie 1889 p. 62 u. ff.

müssen nicht notwendig als solche Maximalwerte anerkannt werden. Diese erhält man nur, wenn man weisse Gegenstände von einiger Flächenausdehnung ins Meer versenkt und die Tiefe feststellt, in welcher sie dem Auge entschwinden. Stellt ein Beobachter eine längere Reihe solcher Versuche in den verschiedensten Meeresteilen an, so sind die Ergebnisse jedenfalls unter einander vergleichbar; während, wie leicht einzusehen. die Versenkungstiefen an einem und demselben Orte unter sonst gleichen Umständen für verschiedene Beobachter, die sich nach einander ablösen, wahrscheinlich ein wenig verschiedene Werte ergeben werden, je nach der individuellen Empfindlichkeit der Augen."

So einfach aber auch diese Versuche sind, so sind sie doch bis jetzt nur selten angestellt worden, zuerst, wie Prof. Krümmel angiebt, von O. von Kotzebue

Chemische Untersuchungen zahlloser Proben von Wasser aus der Nordsee hat Dr. J. Gibson ausgeführt [1]). Es ergiebt sich aus denselben, dass die Nordsee zweierlei, durch das Verhältnis des Chlorgehaltes zur Dichtigkeit von einander verschiedene Wasser enthält. Gibson weist nach, dass das relativ chlorreichere von der Oberfläche des Atlantischen Ozeans um die Nordküste Schottlands herum und durch den Englischen Kanal in die Nordsee gelangt, während das relativ chlorärmere von Norden her, wo es bis 79° nördl. Br. angetroffen wurde, in die Nordsee eindringt. Die in den „Challenger Reports" veröffentlichten Untersuchungen der von diesem Schiffe in verschiedenen Meeren gesammelten Wasserproben lassen erkennen, dass ähnliche Unterschiede des Chlorgehalts in der ganzen Ausdehnung des Ozeans vorkommen, und dass meistens, namentlich aber in südlichen Breiten, die chemischen und Dichtigkeitsverhältnisse des Meerwassers angenähert dieselben sind, wie die des relativ chlorreicheren Wassers der Nordsee, das, wie erwähnt, aus dem Atlantischen Ozean stammt. Das chlorärmere Wasser scheint sich, wie aus den „Challenger Berichten" hervorgeht, vorwiegend nördlich vom Äquator und im SW. der Einmündungen des nördlichen Eismeeres in den Atlantischen und Stillen Ozean vorzufinden. Dieser Umstand sowohl, als auch die chemischen Eigenschaften des chlorärmeren Wassers lassen vermuten, dass es arktischen Ursprungs ist, wie das in die Nordsee von Norden her einfliessende.

Eisbildung im Polarmeer. Da die Eisbildung ein Vorgang des Wachstums ist, dessen Bedingungen genau angegeben werden können, so ist er der mathematischen Untersuchung zugänglich, und in der That hat J Stefan dahin bezügliche Untersuchungen angestellt [2]). Seine Formel ist einfach und zeigt, dass

---

[1]) Nature 1889. p. 1021. Ann. der Hydrographie 1889. p. 360.
[2]) Sitzungsber. d. Wiener Akademie 98. [II] p. 965.

die Dicke des Eises der Quadratwurzel aus der Zeit, welche seit Beginn der Eisbildung verfloss, proportional ist.

Über die Eisbildung im Behringsmeer hat das nordamerikanische Schiff „Thetis“ im Sommer 1889 wertvolle Beobachtungen angestellt [1]). Schon Mitte August bildet sich hier und da an der Nordküste von Alaska Eis, aber erst nach Mitte September beginnt eine erhebliche und dauernde Eisbildung. Vom 10. Oktober ab ist die Behringsstrasse gewöhnlich durch Eis versperrt, auf dem sich, allerdings unter grossen Gefahren, die Anwohner vom Cap Prinz von Wales und jene des asiatischen Ostkaps bewegen und beiderseits mit den Bewohnern der Grossen Diomes-Insel verkehren. Das Packeis dehnt sich im Winter bis in die Breite der Matthäus-Insel aus und beginnt erst anfangs Mai zu weichen, früher an der asiatischen als an der amerikanischen Seite. Zwischen der Laurenz- und Kings-Insel verschwindet das Eis in der ersten Hälfte des Juni, längs der Nordküste von Alaska bleibt das Packeis stets in Entfernungen von 20—30 Seemeilen vom Lande.

Lotungen. Im Nordatlantischen Ozean hat das Vereinigte Staaten-Schiff „Delphin“ vom 10. bis 25. September 1889 eine Reihe von Tiefenlotungen ausgeführt [2]), die in 30° 49′ N. Br. und 25° 20′ W. L. eine grösste Tiefe von 6293 *m* ergaben. In 30° 4′ N. Br. und 59° 1′ W. L wurden 5925 *m* erlotet, in 29° 12′ N. Br. und 56° 50′ W. L 5865 *m*, in 27° 20′ N. Br. und 51° 13′ W. L. 5594 *m* und in 31° 15′ N. Br. und 23° 20′ W. L. 5695 *m* Tiefe.

Lotungen in der Nähe der Antillen hat auch das amerikanische Vermessungsschiff „Blake“ ausgeführt Es fanden sich als grösste Tiefen in 23° 42.7′ N. Br. und 52° 11.2′ W. L. 5286 *m*, in 15° 14′ N. Br. und 53° 1.5′ W. L. 5594 *m*, in 26° 35′ N. Br. und 74° 7′ W. L. 4700 *m*.

Lotungen im Karibischen Meere sind behufs Kabellegung von dem Dampfer „Roddam“ 1888 ausgeführt worden [3]). Sie ergaben zwischen Curaçao und Haiti in 17° 20′ N. Br. und 69° 45′ W. L. eine grösste Tiefe von 5197 *m*, in der Windward-Passage von 3200 *m*.

Zahlreiche Tiefseemessungen im Stillen Ozean hat das britische Vermessungsschiff „Egeria“ 1887 und 1888 ausgeführt [4]), hauptsächlich um über die Lage und das Vorhandensein verschiedener Bänke und Untiefen Aufschluss zu verschaffen. Zwei Stellen wurden gefunden, an denen die Tiefe alle bisher bekannten

---

[1]) Simpson, Rep. of the Tee and Tee mouvements in Bering Sea, Washington 1890. Hyds. Office.

[2]) Notice to Mariners 1889. Nr. 45. p. 571.

[3]) Ann. d. Hydrographie 1890. p. 62.

[4]) Ann. d. Hydrographie 1888. p. 340. — 1889. p. 480.

im südlichen Stillen Ozean übertrifft, nämlich 7855 *m* in 24° 49′ S. Br. und 175° 7′ W. L. und 8098 *m* in 24° 37′ S. Br. und 175° 8′ W. L.

Im nördlichen Stillen Ozean an der amerikanischen Westküste hat der Vereinigte Staaten-Dampfer „Albatross" 1889 eine grosse Reihe von Lotungen angestellt, die sich von Alaska bis nach Kalifornien erstrecken [1]). Hier können nur die Orte und Werte für die grössten gefundenen Tiefen aufgeführt werden. Die grösste Tiefe mit 6986 *m* wurde in 52° 20′ N. Br. und 165° 0′ W. L. gelotet; die zweitgrösste 5208 *m* in 52° 18′ N. Br. und 163° 54′ W. L., mit grünem Schlamm am Seeboden.

Im Indischen Ozean und im Golf von Bengalen hat das britische Kriegsschiff „Investigator" 1887 und 1888 Lotungen vorgenommen. Die grösste Tiefe von 3914 *m* fand sich südöstlich von 6° 7′ N. Br. und 80° 11′ Ö. L. Eine in den Karten mit 70 bis 95 *m* Wasser angegebene Bank („Adas-Bank") bei 14° 25′ N. Br. und 73° W. L. fand sich nicht vor.

Die grössten ozanischen Tiefen, welche bis jetzt ermittelt worden, sind nach einer Zusammenstellung von A. Supan folgende [2]):

1. Nordpacifischer Ozean	. . .	44° 55′ N.	152° 26′ O	8513 *m*
2. Südpacifischer „	. . .	24 37 S.	175 — W.	8101 „
3. Nordatlantischer „	. . .	19 39 N.	66 26 W.	8341 „
4. Südatlantischer „	. . .	0 11 S.	18 15 W.	7370 „
5. Indischer „	. . .	9 18 S.	105 28 O.	5852 „

Nr. 2 wurde am 10. November 1888 von der englischen Korvette „Egeria" gelotet und gehört wahrscheinlich einer ziemlich eng umgrenzten Mulde an. Soweit man aus den bisherigen Lotungen, die nun doch schon einen grossen Teil der ozeanischen Fläche der Erde berühren, schliessen darf, scheint es nicht wahrscheinlich, dass Tiefen von 10000 *m* überhaupt vorhanden sind.

Der Boden des Indischen Ozeans ist nach Murray's Darstellung [3]) hauptsächlich mit Globigerinenschlamm bedeckt und der südliche Teil mit Diatomeenschlamm. Festländische Ablagerungen finden sich nur längs der Küsten, und zwar in geringer Erstreckung da, wo das Meer rasch in grosse Tiefen abstürzt, in breiter Ausdehnung an den flachen Gestaden des arabischen, persischen und bengalischen Golfes.

Die Depressionen am Boden der Ozeane, welche durch die neuen Lotungen in nicht unbedeutender Zahl nachgewiesen sind, haben ganz von selbst zu der Frage geführt, wodurch sie entstanden sein mögen? Es ist klar, dass diese Frage sehr schwer mit einiger Sicherheit zu beantworten ist, um so mehr, da die Zahl der Tiefseemessungen noch bei weitem

[1]) Ann. d Hydrographie 1890. p. 264.
[2]) Petermann's Mitteil 1889. p. 78.
[3]) Scott. Geogr. Magazin 1889. p. 405.

nicht ausreicht, um die wirklichen Ausdehnungen und Formen dieser sekundären Becken am Boden der Weltmeere erkennen zu lassen. Manches, was nach dieser Richtung hin auf Karten erscheint, ist zum guten Teil nur Phantasiebildung. Neuerdings hat sich J. D. Dana mit der Frage beschäftigt [1]), allein auch er kommt zu keinem befriedigenden Ergebnisse. Nach seiner Meinung können einige dieser Depressionen, z. B. diejenigen bei den Sandwich-Inseln, vulkanischen Ursprungs sein, allein an anderen Punkten findet man ähnliche Depressionen fern von allen vulkanischen Herden, wiederum giebt es vulkanische Gebiete ohne dieselben. Ein nachweisbarer Zusammenhang jener tiefsten Becken mit dem Vulkanismus existiert also nicht, und man muss sie zunächst als Ergebnisse der Bildung der Erdkruste annehmen, ohne ihre Entstehungsweise im einzelnen nachweisen zu können.

Eine Untersuchung der Meeresteile an der Ostküste Schottlands in thermischer Hinsicht ist seit mehreren Jahren in Ausführung begriffen. Über eine Anzahl wichtiger Ergebnisse, die dabei bezüglich des Firth of Forth erhalten wurden, berichten H. R. Mill und J. M. Ritchie [2]). Die durchschnittliche Dichte des Wassers an der Oberfläche nimmt in dem Masse, als man sich der offenen See nähert, rasch zu und ist im Innern je nach den Tiden ungleich, 1.007 bei Flut und 0.9994 bei Niedrigwasser. In den inneren Teilen des Firth ist der Unterschied im Salzgehalt am Boden und an der Oberfläche des Firth of Forth beträchtlicher als gegen das Meer hin, dabei ist (im April) das Wasser der Oberfläche wärmer als dasjenige am Boden, so dass Dichte und Temperatur sich umgekehrt verhalten. Am Boden tritt ein Minimum der Temperatur nach dem Hochwasser ein, das Maximum vor dem Niedrigwasser, nahe der Oberfläche erreicht die Temperatur ein Minimum vor der Flut, ein Maximum nach dem Niedrigwasser.

Die mittlere Temperatur der Meerestiefen kann, wie E. Wünschendorff bemerkt [3]), durch Widerstandsmessungen an submarinen kupfernen Kabelleitungen gefunden werden. Die Stärke des Widerstandes, den der Draht der Fortpflanzung des elektrischen Stromes entgegensetzt, hängt von der Temperatur dieses Drahtes ab und ändert sich merklich mit dieser. Der Widerstand müsste bei verschiedenen Temperaturen vor der Versenkung des Kabels genau ermittelt werden. Bei dem 351 Seemeilen langen Kabel Kilia-Odessa hat Lacoine regelmässige Beobachtungen 1874—88 angestellt. Aus denselben ergiebt sich, dass die betreffenden Regionen des Schwarzen Meeres in 300 Faden Tiefe im März ein Temperaturminimum von 6.1°, im November ein Maximum von 10°C. aufweisen. Das Jahresmittel beträgt

[1]) Americ. Journ. of Sc. **37.** p. 192 u. ff.

[2]) Proc Royal Soc. of Edinbourgh **13.** p. 460. ibid. Supplement papers 1888. **2.** 3. p. 473. [3]) Revue internationale de l'électricité 1889. März.

dort 8.2°C. Auffällig ist die geringe Temperatur dieses Meeresteiles im Vergleich zum Mittelmeer. An dem in 100 Faden Tiefe liegenden Kabel zwischen Weston und Waterville im Westen von Irland fand Alexander Siemens 1886—88 Temperaturschwankungen von 7.7 bis 9.4°C. im März und von 13.3 bis 14°C. im September.

Das kühlere Wasser der Luvküsten. Schon seit längerer Zeit weiss man, dass die Wassertemperaturen an den Luvküsten der Passatzone etwas niedriger sind, als in grösserer Entfernung davon, und an der Leeseite etwas höher. Man hat den kalten Wasserstreifen der Luvküsten durch Oberflächenströmung aus polaren Meeren erklären wollen, allein diese Deutung widerspricht früheren Beobachtungen, durch welche vielmehr, nach Krümmel's Ausdruck[1]), die Abkunft des kalten Küstenwassers durch Aufsteigen aus der Tiefe gesichert erscheint. Die neuen Beobachtungen bethätigen diese Ansicht, und Supan stellt folgendes als allgemeines Gesetz auf[2]): „Der Wind erzeugt eine Oberflächenströmung von der Luv- nach der Leeseite und dadurch eine unterseeische Strömung in entgegengesetzter Richtung, so dass an der Luvseite Tiefenwasser in die Höhe steigt. Ist die Temperaturverteilung eine normale, d. h nimmt die Wärme nach der Tiefe zu ab, so verlassen die Isothermen infolge der Strömung ihre horizontale Lage und nehmen eine gegen die Leeseite geneigte Lage an. An der Leeseite sammelt sich also warmes Wasser an, während das kalte Tiefenwasser die Luvseite einnimmt. Dies ist der Fall in den Süsswasserseen und im offenen Ozean, namentlich in der Passatzone. In den nur oberflächlich mit dem Meere in Verbindung stehenden Fjords, wo im Winter eine kalte Schicht über wärmeren lagert, ist die Erscheinung eine gerade umgekehrte, aber durch den gleichen Vorgang bedingte, d h. kaltes Wassers an der Lee- und warmes an der Luvseite. Auch die Wanderungen der Seetiere hängen damit zusammen.

Über den Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und den Dimensionen der Meereswellen hat Prof. C. Börgen Untersuchungen angestellt[3]). Es gilt als Thatsache, dass die Dimensionen der auf dem Meere durch den Wind hervorgerufenen Wellen von der Stärke oder der Geschwindigkeit des Windes in ganz bestimmter Weise abhängen, so dass, vorausgesetzt, dass man es mit einfachen Wellen zu thun hat, einer bestimmten Windstärke, bei voller Ausbildung, Wellen von bestimmter Höhe und Länge entsprechen müssen. Diesen Zusammenhang aufzufinden, sind verschiedene Versuche gemacht

---

[1]) Handbuch der Oceanographie 2. p 311.
[2]) Petermann's Mitteil. 1889. p. 170.
[3]) Annalen der Hydrographie 1890. p. 1.

worden, welche aber alle kein befriedigendes Resultat ergeben haben. Börgen sieht die Ursache des Misslingens in der Mangelhaftigkeit der benutzten Beobachtungen und Annahmen über die Windgeschwindigkeit auf Grund der Schätzungen nach einer willkürlichen Skala. Er benutzte daher zu seinen Untersuchungen eine Zusammenstellung der von Mohn gegebenen Windgeschwindigkeiten und Schätzungen nach Beaufort's Skala, die er durch Werte aus dem Deutschen Polarwerke (Bd. II) ergänzte, und aus denen er folgende Tabelle für die den Windstärken nach Beaufort entsprechenden Windgeschwindigkeiten ableitet:

Beaufort:	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9 0	10.0	11 0	12 0	
Geschwindigkeit:	0.0	1.6	3.3	5.2	7.3	9.6	12.0	14 6	17 3	20.2	23.3	26.6	30.0	m per Sekunde

Dann geht er zur Aufstellung von Formeln über, wobei er zunächst die Erfahrung berücksichtigt, dass die Dimensionen der Wellen mit der Zeitdauer der Windwirkung in solcher Weise zunehmen, dass sie anfangs rasch, später immer langsamer wachsen, bis sie ein Maximum erreichen, welches nicht überschritten wird, wie lange der Wind auch in derselben Stärke wehen mag, d. h. dass sie sich asymptotisch einem Grenzwerte nähern. Was den Einfluss der Wassertiefe auf die Dimensionen der Wellen betrifft, so gelten nach Airy hierfür folgende Regeln: Die Länge der Welle ist der Quadratwurzel aus der Wassertiefe direkt proportional, und die Höhe der Welle ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Länge oder der vierten Wurzel aus der Wassertiefe. Diese Regeln gelten so lange, als die Länge der Welle grösser ist als die Wassertiefe, der Einfluss der letzteren verschwindet, sobald die Tiefe gleich oder grösser ist als die Wellenlänge. In flachen Gewässern, wie die Nord- und Ostsee, wird man auf diese Regeln Rücksicht zu nehmen haben, im Ozean ist die Wassertiefe im Vergleich zur Wellenlänge so gross, dass der Einfluss der ersteren ganz verschwindet. Bezüglich des Einflusses des Seeraums ist zu unterscheiden: 1: Wenn der Wind vom Lande aus auf eine unbegrenzte Wasserfläche übertritt, so wachsen die Wellen vom Ufer ausgehend nach See zu in Höhe und Länge, bis sie in einem gewissen Abstande vom Ufer die der Windstärke und den anderen Umständen entsprechenden Maximaldimensionen angenommen haben. Es liegen keine Beobachtungen vor, aus denen hervorgeht, in welcher Entfernung vom Ufer etwa die Wellen ihr Maximum erreichen, doch erscheint es höchstwahrscheinlich, dass dies bei genügend langer Dauer des Windes bereits in verhältnismässig geringem Abstande von der Küste der Fall sein werde, so dass dieser Einfluss des Seeraums für die Wellen des freien Meeres, welche hier betrachtet werden, als geringfügig vernachlässigt werden kann. Anders verhält es sich 2. mit dem Einflusse, welchen die Ausdehnung der Wasserfläche in der Richtung des Windes auf die überhaupt mögliche Maximalentwickelung der Wellen ausübt, dieser scheint recht erheblich

zu sein, insofern man die geringeren Dimensionen der in begrenzten Gewässern entstehenden Wellen hauptsächlich diesem Umstande zuschreiben darf. In Ermangelung besserer Kenntnis stellt Börgen eine Hypothese als die wahrscheinlichste und naturgemässeste auf, um zu einer numerischen Auswertung dieses Einflusses zu gelangen. Damit gelangt er zu einer einfachen Formel für die Dimensionen der Wellen, welche bei einem bestimmten Seeraum in der Richtung des Windes nach einer bestimmten Zahl von Stunden seit Beginn des Windes erreicht werden. Nach Einsetzen konkreter Werte in die Formel und durch Vergleich derselben mit Beobachtung der Wellendimension findet Börgen eine gute Übereinstimmung.

Im übrigen macht er darauf aufmerksam, dass der Seegang stets ein kompliziertes System von verschiedenen Wellen darstellt. „Ist dies aber der Fall, so ergiebt sich eine ziemlich einfache Erklärung einer Erscheinung, welche bislang noch als offene Frage betrachtet wurde, nämlich für das an exponierten Küstenpunktne beobachtete Auftreten von Wellen von erheblich längerer Periode, als sie den direkt durch den Wind erzeugten Wellen zukommt[1]), die örtlich verschiedene Namen haben (Marobbio, Resacca etc). Diese Wellen, welche sich auf den selbstregistrierenden Flutmessern als mannigfach gezackte Ausbuchtungen der Gezeitenkurven darstellen, haben oftmals Perioden von 5, 10, ja bis zu 30 Minuten und mehr, während der gewöhnliche Seegang höchstens eine Periode von 14 bis 16 Sekunden haben kann. Zur Erklärung dieser Erscheinung hat man angenommen, dass es Wellen seien, welche, durch unterseeische Erdbeben hervorgerufen, sich über den Ozean fortpflanzten, und da ihre Geschwindigkeit von der mittleren Tiefe des Wassers abhängt, so hat man gesucht, die Tiefe aus der beobachteten Geschwindigkeit der Welle zu berechnen. Zweifellos ist diese Erklärung in manchen Fällen die richtige, die fragliche Erscheinung tritt aber viel zu häufig auf, als dass man nur einen Augenblick daran denken könnte, dieselbe aus der genannten Ursache allein erklären zu können. Eine andere Erklärung suchte man darin, dass die fraglichen Wellen als Seiches aufgefasst wurden, d. h. als Wellen, welche in einem Hin- und Herschwanken des Meeresspiegels zwischen zwei festen Ufern bestehen, wie sie besonders von Forel im Genfer See beobachtet und studiert worden sind. Allein auch diese Erklärung ist nicht überall anwendbar, wenn sie auch gewiss in vielen Fällen das Richtige treffen mag. Die fraglichen Wellen von langer Periode kommen nämlich auch vor an Plätzen, wo es unmöglich ist, dass

[1]) Ozeanographie II. p. 137 ff. Hier werden diese Wellen als stehende Wellen aufgefasst, wir werden aber sehen, dass dies nur zum Teil zutreffend ist, nämlich nur für die in kleinen Wasserbecken auftretenden, von Forel Seiches genannten Schwankungen.

Seiches von so langer Periode entstehen können, so auf isoliert gelegenen Inseln, wie z. B. Kerguelen im Südindischen, Auckland im Südpazifischen Ozean, auf Süd-Georgien im Südatlantischen Ozean, auf Helgoland in der Nordsee und an vielen exponierten Küstenpunkten des Festlandes, wo man vergeblich nach zwei einander gegenüber liegenden Ufern sucht, die in solcher Entfernung von einander liegen, dass die Periode der fraglichen Wellen dadurch erklärt werden könnte.

Solange die Tiefe des Wassers grösser ist als die Länge jeder einzelnen der den Seegang bildenden Wellen, so kann die Höhe derselben gegen die Wassertiefe als verschwindend angesehen werden, und die der Beobachtung zugängliche resultierende Welle entsteht einfach durch Übereinanderlagerung der einzelnen Wellen, oder, um es mathematisch auszudrücken, der Ausdruck für die resultierende Welle ist die Summe der Ausdrücke für die einzelnen Wellen. Wird aber das Wasser so seicht, dass die Höhe der Einzelwellen nicht mehr gegen die Tiefe des Wassers als verschwindend betrachtet werden darf, wie dies bei dem gegen die Küste heranrollenden Seegang der Fall ist, so hört das einfache Gesetz der Übereinanderlagerung auf, gültig zu sein."

Prof. Börgen zeigt nun an einem Beispiele, wie alsdann neue fortschreitende Wellen entstehen, und die ersteren derselben sind es, welche nach seiner Ansicht die seichesartigen Wellen repräsentieren. „Es ist nützlich," bemerkt Prof. Börgen, „auf die Analogie mit der Flutwelle hinzuweisen, welche sich aus der im Vorstehenden vorgetragenen Ansicht über die Zusammensetzung des Seegangs aus verschiedenen Wellen ergiebt. Auch die Flutwelle ist keine einfache Welle, sondern entsteht aus der Interferenz einer ganzen Anzahl einzelner Wellen von verschiedener Periode, und auch hier hat es sich, um die Beobachtungen an Küstenstationen durch die Rechnung wiedergeben zu können, als notwendig herausgestellt, ausser den einfachen Wellen auch noch die durch seichtes Wasser hervorgebrachten Neben- und zusammengesetzten Wellen zu berücksichtigen. Man wird aber aus dem Vorhergehenden auch entnehmen, wie vorsichtig man sein muss, wenn man eine durch Erdbeben entstandene Welle auf den Kurven entfernt gelegener registrierender Flutmesser wiederzufinden glaubt; es mag wohl manchmal vorkommen, dass man durch Sturm und Seegang hervorgerufene seichesartige Wellen für Erdbebenwellen hält, oder diese vermischen sich mit jenen, so dass ihre Ankunftszeit ganz unsicher wird."

Über die Gezeiten längs der niederländischen Küste hat sich A. v. Horn eingehend verbreitet[1]). Er erinnert zunächst daran, dass es noch nicht gelungen ist, die Momente von Hoch- und Niedrigwasser für die niederländischen Küstenplätze in

[1]) Annalen der Hydrographie 1889. p. 267.

sicherer Weise voraus zu bestimmen, und greift dann auf eine bereits von Daniel Bernouilli angegebene Methode zurück, auf einfache Weise unter Berücksichtigung der bereits an anderen Hafenplätzen gemachten Erfahrungen die Zeitpunkte mit genügender Annäherung zu berechnen. Auch eine spezielle Erklärung der verwickelten Wasserbewegung längs der niederländischen Küste giebt Horn. Wellenbewegungen in See, welche unmittelbar durch die Anziehungskraft der Himmelskörper hervorgerufen werden, tragen den Namen „gezwungene Wellen". Die Wasserteile befinden sich in oszillierender Bewegung und empfangen stets neue Impulse von den Himmelskörpern. Wird indessen eine solche Wellenbewegung durch Bänke oder Küstenform in ihrem Laufe behindert, so pflanzt sie sich hinter diesen Hindernissen wohl noch weiter fort, ist jedoch in der Hauptsache der direkten Einwirkung der Himmelskörper entzogen und sich selbst überlassen: es ist eine „freie Welle". Die Bewegung der Gezeiten längs der holländischen Küste wird nun von Horn in der Hauptsache als Folge einer freien Welle betrachtet. Neben der oszillierenden Bewegung giebt es aber noch eine von Scott Russell beschriebene Wellenbewegung, welche derselbe als Translationswelle bezeichnet, und die z. B. vor dem Bug eines in Bewegung befindlichen Schiffes, überhaupt durch Hinzufügung einer gewissen Wassermasse entsteht. Letzteres findet in den niederländischen Strommündungen und in der Zuidersee statt. Bei dem Steigen des Seespiegels wird nicht allein der Abfluss aus dem Strom behindert, sondern zugleich eine kleine Masse Seewasser nach binnen gedrängt. Innerhalb der Seegatten sind somit die Gezeiten zwei verschiedenen Arten von Wellenbewegungen zuzuschreiben: den Oszillations- und Translationswellen. Die Gezeiten werden durch eine periodische Wellenbewegung des Seewassers verursacht, welche sich durch Mitteilung der Bewegung fortpflanzt. Bei dieser Fortpflanzung erleiden die Wasserteilchen selbst eine Versetzung, welche als Gezeitströmung und Höhenschwankung wahrgenommen wird. Die Gezeitströmung steht jedoch in keinem Verband mit dem Gefälle der Oberfläche. „In dem am meisten vorkommenden Falle bewegen sich die Wasserteile mit Flutstrom in der einen und mit Ebbestrom in der entgegengesetzten Richtung. Nachdem der Maximalwert erreicht ist, nimmt der Flutstrom langsam ab und wird Null: der Strom kentert, und es entwickelt sich der Ebbestrom. In diesem Falle ist die Gezeitströmung eine hin- und zurückgehende, wie es die Regel an der festen holländischen Küste zu sein scheint. Südlich vom Hoek van Holland und nördlich vom Helder tritt jedoch nie Stromstillstand ein. Beim Abnehmen des Ebbestromes und beim Aufkommen des Flutstromes und umgekehrt dreht sich der Strom den Kompass herum. Die Ursache dieser anomalen Bewegung liegt, wie Horn sehr wahrscheinlich macht, in lokalen Umständen.

Die Erosionswirkung der Gezeitenströme ist von O. Krümmel in ihrer Bedeutung dargestellt worden [1]. Die Gezeiten bewirken Strömungen, welche besonders zwischen Inseln, in trichterförmigen Golfen und Flussmündungen stark auftreten. „In diesen strömt das Wasser täglich zweimal etwa 6 Stunden lang in der einen Richtung und zweimal in ebenfalls 6 Stunden in der entgegengesetzten. Der Strom beruht auf der Wellennatur der Flutwelle, und die Theorie ergiebt, dass im flachen Wasser nahe den Küsten und im „Flussgeschwelle" der Flutstrom oder die „Flut" mit dem Ansteigen des Wasserstandes, der Ebbestrom oder die „Ebbe" mit dem Sinken desselben ungefähr zusammenfällt. Im Moment des Hochwassers steht der Strom still, ist „Neuwasser"; ebenso ist zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes kein Strom; alsdann wendet oder „kentert" der Strom. Die Stärke des letzteren ist, wie die Theorie zeigt, abhängig von der Flutgrösse, d. h. dem Unterschiede zwischen Hoch- und Niedrigwasser, dem sie direkt proportional sich verhält; ferner ist sie umgekehrt proportional der Wurzel aus der Wassertiefe. Aber auch die Flutgrösse ist bekanntlich abhängig von der Wassertiefe und nach Airy umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus derselben, endlich ist sie auch abhängig von der Breite des gegebenen Bettes und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Tiefe. „Man sieht hieraus, dass die Gezeitenströme in allen trichterartig sich verengenden und am hinteren Ende spitz und flach zulaufenden Golfen ihre höchsten Werte erreichen werden. Die Rechnung ergiebt beispielsweise für den Bristolgolf, dessen Flutgrössen meist 10 *m*, und dessen Wassertiefen bei Niedrigwasser etwa 16 *m* betragen, einen Strom von 6 Knoten (beobachtet sind 5), für den Golf von St. Malo bei ähnlicher Flutgrösse, aber etwa 4 *m* grösserer Wassertiefe, einen solchen von 6 bis 7 Knoten, was auch die Beobachtungen bestätigen. Noch grössere Werte sind in den Engen zwischen den Klippen der Pentlandföhrde beobachtet, wo nach Stevenson die gefürchtete Roost der Pentland-Skerries bei Springzeit schon 11 Knoten gelaufen ist; auch in den Strassen der Orkney- und Shetlands-Inseln sind Strömungen von 8 bis 9 Knoten (bei Springflut) festgestellt. Das Maximum, welches überhaupt gemessen ist, dürfte aber in dem Trichtergolf von Hang-tscheu an der chinesischen Küste ($30^1/_2{}^0$ N. Br.) beobachtet sein, wo am 28. Januar 1842 von Kapt. Collinson $11^1/_2$ Knoten konstatiert wurden. Zum Vergleich sei angeführt, dass der Rhein bei Bingen gewöhnlich 3.42 *m* pr. Sek. oder fast 4 Knoten läuft, bei Koblenz aber bei Hochwasser nicht über 4 Knoten. Es sind also sehr bedeutende Stromstärken, die uns hier entgegentreten, und thatsächlich wird auch in einigen, besonders engen und

[1] Petermann's Mitteil. 1889. p. 129 u. ff.

wegen unregelmässiger Bodenbildung dann von Stromwirbeln beherrschten Strassen die Schiffahrt geradezu nur auf die kurzen Momente des Stau- oder Stillwassers, bis der Strom kentert, beschränkt.

Der Theorie gemäss müssen nun bei diesen Flutwellen, welche vieltausendmal länger sind, als das Wasser tief ist, die Wasserteilchen sich von der Oberfläche bis zum Boden hinab ganz gleichzeitig und mit fast der gleichen Geschwindigkeit horizontal hin- und zurückschieben.

Die Beobachtung bestätigt dies, und daraus folgert Krümmel mit Recht, dass durch die Gezeitenströme „bedeutende Umsetzungen von festen Stoffen, daher auch Einwirkungen auf die Gestalt des Bodens und der Küsten stattfinden“, wie Richthofen es in seinem „Führer für Forschungsreisende“ ausspricht.

Prof. Krümmel geht nun dazu über, das namentlich in den Küstenkarten niedergelegte Material mit Rücksicht auf diese Frage zusammenzustellen und zu untersuchen, und kommt dabei zu dem Resultate, dass die Gezeitenströme für gewisse Küstenformen geradezu als massgebendes Agens auftreten. Sehr charakteristisch zeigen sich diese Wirkungen im Bereich weicher Diluvialküsten.

„Die ganze Bodengestaltung bei den friesischen Inseln und im Wattengebiet ist auf die starken Gezeitenströme zurückzuführen. Denkt man sich die Gezeiten für dieses Gebiet fort, so würden die zahlreichen Inseln durch die von den herrschenden Westwinden und den abfliessenden Landwassern erzeugte östliche Küstenströmung zu einigen langen Nehrungen zusammengefügt worden sein, die nur für den Durchlass des Flusswassers notwendigen Öffnungen frei liessen. So aber geht durch jedes Seegat zwischen je zwei Inseln die Flut mit grosser Kraft und stark seitlich eingeengt hindurch, um die Wattengründe hinter den Tafeln mit Wasser zu bedecken, und die Ebbe entleert mit ähnlicher, vielfach grösserer Geschwindigkeit die so überschwemmten Flächen. Infolge davon sind in den Engen der Seegate Wassertiefen ausgefurcht, welche im See erst viele Seemeilen hinaus wieder erreicht werden.

Scharfsinnig macht Kümmel darauf aufmerksam, dass die Entstehung der Strasse von Dover auf Erosion durch Gezeitenströme zurückgeführt werden könne. „Man denke sich“, sagt er. „dieselbe geschlossen, so war von zwei Seiten her der anrollenden Flutwelle ein trichterförmiger Raum zugewendet, sowohl vom jetzigen Kanal aus, wie auch aus der Nordsee. Das musste naturgemäss die Flutgrössen in einem Masse steigern, dass sie vielleicht selbst die Riesenfluten der Fundy-Bai noch übertrafen. Jedenfalls mussten damals zu beiden Seiten der Landbrücke Flutgrössen und demgemäss auch Stromstärken wie im Golf von Bristol vorkommen, wo sie am Clevedon Prier bei Springzeit

gelegentlich 15.9 *m* gezeigt haben. Durch die Untersuchungen des Geologen G. Lennier ist festgestellt, dass sich die alten Steilränder jener Zeit, mit den charakteristischen Feuersteingeschieben am ehemaligen Strande, insbesondere bei St. Adresse unweit Havre, bei Fécamp und Dieppe in Höfen von mindestens 7 *m* über der gegenwärtigen Hochwassermarke noch vorfinden, woraus sich sogar ein Flutwechsel von 22 *m* folgern lässt, denn um ebensoviel wie das Hochwasser über die gegenwärtige Marke sich erhob, musste damals das Niedrigwasser unter der heutigen Niedrigwasserlinie zurückbleiben. Die Niveaus, in denen diese Ablagerungen vorkommen, sind nicht überall dieselben, und deshalb folgert Lennier mit Recht, das der Durchbrüch der Enge nicht auf einmal in erheblicher Breite, sondern schrittweise erfolgt sei, und die Flutgrössen damit dann ebenso schrittweise sich verringert hätten, bis endlich die gegenwärtige Öffnung mit der ihr entsprechenden Fluthöhe errichtet wurde Die Untersuchung des Bodens zwischen Dover und Calais aus Anlass der Tunnelprojekte hat in der That einen ganz ungestörten Zusammenhang der Kreideschichten zu beiden Seiten der Meerenge erwiesen. Noch heute sind anscheinend einige Reste der alten Verbindung wenigstens submarin erhalten in Gestalt von zwei langen und schmalen, an der Oberfläche mit Sand bedeckten, steil abfallenden Felsrücken, die, zwischen Dungeness und Griz Nez mitten im über 30 *m* tiefen Fahrwasser gelegen, beim Niedrigwasser der Springzeit nur bis zu 2 und 3 *m* Wasser über sich lassen: der sogenannte Varne, der etwa 4 Seemeilen lang ist, und der doppelt so lange Ridge oder Colbart, die beide ungefähr in der Richtung der Gezeitenströme streichend angeordnet sind.

Schliesslich weist Krümmel auch Gebiete nach, wo in Verbindung mit der Erosion auch charakteristische Formen der Anschwemmung vorkommen, und bezeichnet als solche die Watten, deren Bildung im ganzen, wie Lage und Form der Fahrwasserrinnen im einzelnen, ihre massgebende Ursache in den Gezeitenströmen finden.

Über den Golfstrom bringt J. E. Pillbury auf Grund der Untersuchungen von 1887 wichtige Mitteilungen[1]). Der eigentliche Ursprung des Stromes ist die Strömung in der Strasse von Yukatan. Nahe den Tortugas hat der Strom eine Tiefe von 1100 bis 1300 *m*, zwischen Florida und der Bahamabank von 500 bis 600 *m*. Die Strömung unterliegt Schwankungen in täglicher und monatlicher Periode, welche auf den Einfluss des Mondes zurückzuführen sind. Übrigens erstrecken sich die Beobachtungen nur auf die Monate März bis Juni, und können in der übrigen Zeit des Jahres gewisse Abweichungen ziemlich sicher erwartet werden. Zwischen Fowey Rocks und Gun Cay der Bahama-Inseln

[1]) Rep. U. S. Coast. and Geod. S. 1887. Washington 1889. 8. p. 173 ff.

variiert die Geschwindigkeit bisweilen bis zu 4.5 *km* innerhalb 24 Stunden. Das Maximum tritt etwa 9^h nach der oberen Kulmination des Mondes ein. Die Axe des Golfstromes, d. h. die Linie der grössten Wasserbewegung an der Oberfläche liegt 21 *km* östlich vom Leuchtturm der Fowey Rocks, mit 9.5 *km* grösster, 3 *km* geringster und 6.3 *km* mittlerer stündlicher Geschwindigkeit. Der Wind hat auf die Strömungsgeschwindigkeit wahrscheinlich einen erheblichen Einfluss.

Das Auswerfen von Flaschen seitens der Expedition des Prinzen von Monaco im Nordatlantischen Ozean zwischen den Azoren und Neufundland lässt eine Oberflächenströmung erkennen, die im Sinne der Uhrzeigerbewegung um eine Stelle südwestlich von den Azoren läuft. Eine andere Oberflächenströmung läuft vor dem Kanal gegen NO, wendet aber an der französischen Küste um und geht längs der Kanarischen Inseln zur Äquatorialströmung und mit dieser in der Richtung gegen die Antillen, also so, wie unsere besseren Karten sie bereits darstellen. Die sogenannte Rennelströmung ist nach den Beobachtungen von 1886 höchstens nur zu gewissen Zeiten vorhanden[1]).

Die Strömungen und Oberflächentemperaturen im Golf von Aden sind vom Niederländischen Meteorologischen Institut an der Hand eines sehr zahlreichen Materials untersucht worden[2]). Für die Zeit des SW-Monsuns werden die Strömungsverhältnisse im Golf von Aden und bis zum Kap Guardafui für jeden einzelnen Monat gegeben. Im Mai trifft man dort ebenso oft östlich als westlich laufende Strömung, in der Bab el Mandeb-Strasse bald nördliche, bald südliche. Im Juni hat dagegen im Aden-Golf die östliche Strömung die Überhand, in der vorgenannten Strasse läuft der Strom südlich, ebenso im Juli und August. Im September sind die Strömungen nicht mehr so regelmässig, der östliche Strom ist bald nach Süden, bald nach Norden abgelenkt. Im Oktober setzen die Strömungen in der Bab el Mandeb-Strasse bereits in nördlicher Richtung, im Aden-Golf ist die westliche schon so häufig, als die östliche Strömung, und im Osten von Socotra stösst man schon auf einen kräftig durchstehenden westlichen Strom.

Karten der Oberflächentemperatur, sowie der Winde und Strömungen im Roten Meere und im Golf von Aden haben Toynbee und Baillie entworfen, und zwar für Januar (Nordost-Monsun) und Juli (Südwest-Monsun). Diese Karten beziehen sich jedoch lediglich auf den befahrenen Teil der betreffenden Meeresgebiete, über die allein nur Beobachtungen vorliegen[3]).

Die Meeresströmungen im Gebiet der kleinen Sundainseln sind von H. Blink studiert worden[4]). Die Strömungen

---

[1]) Compt rend. de l'acad de Paris 3. Juni 1889.
[2]) De Zee 1888 Aug. Im Auszug: Hansa 1889. Nr. 18. Gaea 1889. p. 672.
[3]) Proceedings of the Royal Geogr. Society London 1888. p. 11.
[4]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1. p. 1—58.

dort hängen lediglich von den Winden ab, doch werden sie in den Meeresstrassen zwischen den Inseln in hohem Grade durch die südwärts vom Indischen Ozean eindringenden Tiden beeinflusst. Die Luftströmungen anbelangend, finden sich folgende Resultate:

A) Winde in den Meeren im Norden der kleinen Sundainseln.

1. Während der Monate Mai bis Oktober SE-Passatwinde mit lokalen Abweichungen.

2. Im November und Dezember Kenterung. Der NW-Monsun tritt gegen den Schluss dieser Zeit ein und wechselt ab mit dem SE-Passat und anderen zufälligen Winden.

3. Im Januar weht im Osten der NW-Monsun fast beständig, herrscht aber im Westen erst am Ende dieses Monats regelmässig.

4. Im Februar herrscht der NW-Monsun beinahe regelmässig.

5. Im März und April wechselt aber der NW-Monsun mit dem SE-Passat. Infolge dessen unregelmässige Winde. Im westlichen Teil des Gebietes herrschen in diesem Monat auch nordöstliche Winde, deren Entstehung in der Borneo-Depression zu suchen ist, die ihrerseits in der starken Erwärmung des Innern dieser Insel zur Zeit des Äquatordurchganges der Sonne ihre Ursache hat.

B) Winde im Süden der kleinen Sundainseln.

1. Während der Monate April bis September herrscht der SE-Passat bis nördlich der kleinen Sundainseln.

2. Im Oktober erstreckt sich dieser SE-Passat meistenteils noch bis zu den kleinen Sundainseln, wird aber auch zwischen dem 10. und 20.⁰ südl. Br. nicht selten durch unregelmässige Winde unterbrochen.

3. Während der Monate November und Dezember wehen zwischen der Grenze der Passatwinde und dem 10.⁰ südl. Br. vielfach SE-Winde, welche auf den Einfluss Borneos und der Javasee, die um diese Zeit stark erwärmt sind, sich zurückführen. Sie schliessen sich zwar den Passatwinden an, entstehen jedoch durch andere Ursachen. Auch beginnt in diesem Monat der Einfluss der australischen Depression, wodurch jene SW- und W-Winde entstehen, welche zwischen den Passatwinden und den kleinen Sundainseln ihr Gebiet haben.

4. Im Januar liegt die mittlere äquatoriale Passatgrenze im Süden der Balistrasse auf etwa 17⁰ südl. Br., im Februar dagegen etwas südlicher. Zwischen der äquatorialen Passatgrenze und den kleinen Sundainseln herrschen in diesem Monate meist W- und SW-Winde. Diese entstehen durch die cyklonale Luftbewegung um Neuholland.

5. Im März nähert die äquatoriale Passatgrenze sich den kleinen Sundainseln, wodurch in deren Nähe viele SE-Winde wehen; jedoch hat in diesem Monat der Passat sein Gebiet noch nicht vollkommen eingenommen, infolge dessen die SE-Winde oft durch andere Luftströmungen unterbrochen werden. Die kleinen

Sundainseln bilden ungefähr die Grenze zwischen dem SE-Passat und dem in der Sundasee noch vielfach herrschenden NW-Monsun.

Die Oberflächenströmungen im südwestlichen Teile der Ostsee sind auf Grund der Beobachtungen am Bord des Feuerschiffs „Adler-Grund" von L. E. Dinklage untersucht worden [1]). Diese Beobachtungen sind um so wertvoller, als das zwischen Rügen und Bornholm (in 54^0 48.6′ nördl. Br. und 14^0 20.7′ östl. L.) verankerte Feuerschiff sich in verhältnismässig sehr freier Lage befindet. Die Beobachtungen beginnen mit Mitte Mai 1885 und schliessen mit Ende Juni 1886. Schon ein Blick auf die Beobachtungsreihe lässt erkennen, dass eine regelmässige oder auch nur vorwiegend nach einer bestimmten Richtung gehende Bewegung des Oberflächenwassers in der Gegend des Adlergrundes nicht vorhanden ist Die genaue Prüfung zeigte dagegen, dass bei ständigem Winde von der Stärke 3 und darüber die Strömung, wenn dieselbe von nur einiger Bedeutung ist, mit dem Winde folgt. Ferner fand sich, dass der Einfluss des W ndes auf die Richtung der Strömung sich selbst in einer Tiefe von 5 *m* schon an demselben Tage fühlbar macht. Der Strom setzt jedoch in der Regel nicht recht mit dem herrschenden Winde, sondern in einer Richtung, die durchschnittlich $2^1/_2$ Striche nach rechts von demselben abweicht. Die Geschwindigkeit der Strömung ist in erster Linie von der Stärke des Windes abhängig. Unregelmässigkeiten im Auftreten der Strömung sind praktisch nur von geringer Bedeutung. „Bei stärkerem Winde und stärkerem Strom geht der letztere fast ohne Ausnahme stets mit dem Winde, und zwar in den allermeisten Fällen mit einer Abweichung nach rechts. Sobald der Wind sich dreht, dreht sich auch der Strom, aber solange der Wind frisch aus derselben Richtung weht, bleibt auch die Stromrichtung unverändert. Höchst wahrscheinlich wird im offenen Ozean das Verhalten ganz dasselbe sein. Nur an Orten, wo ganz beständige Winde herrschen, die ebenso beständige Strömungen hervorrufen, wie z. B. im Passatgebiet, mag das Aufstauen des Wassers die Ursache starker, gegen den Wind laufender Strömungen werden können".

Über die physikalischen Verhältnisse der Ostsee auf Grund der Arbeiten, welche die Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere ausgeführt, verbreitet sich Prof. K. Möbius [2]) in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, wobei er auch die geologischen Verhältnisse berücksichtigt. In der Kieler Bucht schliesst sich an das sandige Ufer, das hier und da mit Steinen und erratischen Blöcken bedeckt ist, auf denen Fukus wächst, die flache Seegrasregion an, welche bei niedrigen Wasserständen, wenn Westwinde das Wasser hinaus-

[1]) Annalen der Hydrographie 1887. p. 1 u. ff.
[2]) Verhandlgn. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1888. p. 81.

treiben, trocken liegt. Sie ist im Sommer und Herbst auch belebt von Seesternen, kleinen Fischen, Krebsen, Würmern und Schnecken, die man im klaren Wasser auf dem Seegrase kriechen sieht. Dann folgt eine steile Böschung, die mit totem Seegras bedeckt ist und in der Thalsohle der Bucht, meist 12—15 *m*, tiefschwarzer Mud. Ganz ähnlich sind die inneren Teile der übrigen Föhrden im Osten von Schleswig-Holstein und Jütland beschaffen. An den Öffnungen derselben ist der Grund aber gewöhnlich nicht mit Mud, sondern mit Florideen, rotbraunen Algen, bedeckt. Im ganzen westlichen Teile, zwischen den dänischen Inseln, Schleswig-Holstein und Mecklenburg sind, die Tiefen nicht grösser als 20 *m*. Zwischen Rügen und Schweden beträgt die Tiefe bis 50 *m*, östlich von Bornholm 100 *m*, nördlich von Danzig 110 *m*, östlich von Gotland 200 *m*, nördlich von Gotland 323 *m*, die grösste Tiefe der Ostsee. Wie in der Kieler Bucht wächst überall im flachen Wasser, wo der sandige Grund nicht beweglich ist, Seegras, auf Steinen Fukus, tiefer bilden sich Florideenwiesen, und in den grössten Tiefen besteht der Grund aus weichem, schwarzem Mud oder klebrigem Thon. Auf flacheren Bänken liegen zahlreiche erratische Blöcke, die mit Pflanzen besetzt sind; zwischen denen sich auch im östlichen Gebiet reiches Tierleben entwickelt. Von grösster Bedeutung für den Salzgehalt der Ostsee und daher auch für ihr Pflanzen- und Tierleben sind die Tiefenverhältnisse der Verbindungsstrassen mit der Nordsee. Die geringsten Tiefen des Grossen Belts betragen 25—40 *m*, die des Kleinen Belts 17—20 *m*, die des Sundes 8—12 *m*. Der Sund dient vorzugsweise zur Ausströmung des stark angesüssten Wassers der östlichen Ostsee; durch die Belte fliesst oben auch Ostseewasser aus, unten aber Nordseewasser ein. Auf der Pommeraniafahrt 1871 wurde am 17. Juni im Grossen Belt an der Oberfläche nach N strömendes Wasser gefunden, welches 1 % Salz enthielt, 9 *m* tief auch noch N strömendes Wasser mit 1.017 % Salz, 27 *m* tief nach S strömendes Wasser mit 2.8 % Salz, 36 *m* tief auch nach S strömendes Wasser mit 3.006 % und 64 *m* tief ebenfalls nach S strömendes Wasser mit 3.026 % Salz. Dieser stärkere Salzgehalt in der Tiefe des Grossen Beltes setzt sich fort bis gegen die holsteinische und mecklenburgische Küste. Im Sund wurde bei Helsingor am 27. Juni 1881 an der Oberfläche nur 0.026 % Salz gefunden, am Grunde, 34 *m* tief, aber 3.35 %, also beinahe der Salzgehalt der freien Nordsee, der durchschnittlich 3.5 % beträgt. Am 28. Juni enthielt das Sundwasser bei Malmö von der Oberfläche bis an den Grund nur 0.78 % Salz, war also nur Wasser aus dem östlichen Teile der Ostsee. Der mittlere Salzgehalt der Kieler Bucht beträgt an der Oberfläche 1.7 %, 14 *m* tief 1.9 %, 18 *m* 2.1 %. Der mittlere Salzgehalt des westlichen Teiles ist 2 %, der des östlichen Teiles am Grunde 1—1.5 %, an der Oberfläche 0.6—0.8 %. Die marinen

Tiere, welche die Ostsee dauernd bewohnen, sind keine Brackwassertiere, wie man sie früher bezeichnete, sondern solche Seetiere, welche im stande sind, in Seewasser von hohem und niedrigem Salzgehalte zu leben, es sind euryhaline Tiere. Ausserdem besitzen sie aber auch noch die Fähigkeit, grosse Temperaturschwankungen zu ertragen. Solche, die in den höheren Wasserschichten der Kieler Bucht wohnen, (wie die Miesmuschel), müssen im Laufe des Jahres Temperaturdifferenzen von 0° bis 22.5° C. aushalten, 9 *m* tief wohnende — 0.5° bis 20.6°. Ähnlichen Temperaturschwankungen sind aber alle Ostseetiere ausgesetzt, diejenigen ausgenommen, welche nur die gleichmässig kalten grossen Tiefen des östlichen Gebietes bewohnen, wo am Grunde auch im Sommer und Herbst die Temperatur auf wenig Graden über Null beharrt. Ein zweiter wesentlicher Charakter der meisten Ostseetiere besteht aber darin, dass sie eurytherm sind. Weil die Ostseetiere euryhaline und eurytherme Seetiere sind, haben die meisten eine Verbreitung vom nördlichen Eismeere bis an die Küsten Afrikas. Viele reichen auch bis ins Tertiär zurück. Der Wechsel der Temperatur und des Salzgehaltes, dem die Ostseetiere ausgesetzt sind, greift hemmend ein in ihr Wachstum. Sie sind kleiner als ihre Artgenossen in der Nordsee und im Eismeere. In den letzten Jahren hat die Kieler Kommission nach Methoden, die Prof. Hensen ausgedacht hat, Untersuchungen über das Plankton, die treibende organische Masse angestellt, die neue wichtige Einblicke in die Produktivität des Meeres unter dem Einflusse des Sonnenlichtes eröffnet. Nach einer Vergleichung mit einem bearbeiteten Acker liefert ein Hektar Meer freilich 20 % weniger treibende organische Substanz als jener; aber im Meere ernten wir, ohne zu pflügen und zu säen".

Der Seebär der Ostsee. Mit diesem Namen bezeichnen die Anwohner der Ostseeküste eine bei windstiller Luft plötzlich auftauchende Flutwelle, deren Ursache von den Strandbewohnern bald in einem „unterseeischen Gewitter", bald in Gasentwickelungen am Meeresboden gesucht wird. Die Erscheinung ist sehr selten, und in wissenschaftlichen Kreisen war man lange geneigt, sie mit örtlichen Erdbeben in Beziehung zu setzen. Am 20. Mai 1880 brachte die Stralsunder Zeitung die Nachricht, dass in der Nacht vom 16. bis zum 17. Mai bei Ahrenshoop an der Westküste des Darss bei völlig ruhiger See ein plötzliches Anschwellen der Ostsee, gefolgt von mehreren, den Strand hoch überflutenden Wellen, beobachtet worden sei. Prof. Rudolf Credner in Greifswald erkannte aus dieser Schilderung, dass es sich hierbei um die Erscheinung des sogenannten „Seebären" handle, und beschloss, die Sache genau zu untersuchen. Zunächst ist zu bemerken, dass der Name „Bär" wahrscheinlich aus dem alten Worte „bahre" = Woge entstanden ist, und eine Analogie in dem französischen „la barre" besteht, welches die bei der Springflut heranstürmende

Flutwelle bezeichnet. Die Erhebungen von Prof. Credner liessen gleich anfangs erkennen, dass die Erscheinung in der Nacht vom 16. bis zum 17. Mai eine viel ausgedehntere Verbreitung besass, als man vermuten konnte. Sie zeigte sich an der Küste zwischen Travemünde und der Insel Rügen, jedoch dort nicht allenthalben, sondern an vier von einander getrennten Strecken. Die Erscheinung trat nicht zu gleicher Zeit in den verschiedenen Teilstrecken auf, sondern am frühesten, $7^1/_2$ Uhr abends, am Strande von Brunshaupten, zwischen 9 und 1 Uhr nachts zu Travemünde, nach 2 Uhr bei Ahrenshoop, noch später, $3^1/_2$—4 Uhr morgens, bei Rügen. Die Luft war ruhig, doch sah man fast an allen Punkten ein Gewitter fern am westlichen Horizont. „Mitten in dieser Ruhe der Luft und der Meeresfläche“, so schreibt Prof. Credner, „steigt die See nun plötzlich und ohne jede merkbare äussere Ursache zu beträchtlicher Höhe über ihr bisheriges Niveau, so plötzlich, so „mit einem Ruck“, dass die am Strande beschäftigten Fischer nur mit Mühe die Dünen zu erreichen vermögen, ja, mehrere auf der Flucht noch vom Wasser ereilt und umzingelt werden. In seiner ganzen Breite von 30—40 Schritten wird (stellenweise) der Vorstrand überflutet, bis an das Gehänge der Dünen dringen die Gewässer und drohen, dieselben an den schwächeren Stellen zu durchbrechen. Auf offener See wird das Schiff „Capella“ plötzlich mehrere Male zur Seite geschleudert, so dass die Mannschaft aus den Kajüten an Deck stürzt. Noch einmal, an mehreren Stellen zweimal, wiederholt sich mit Pausen von 5—10 Minuten das Anschwellen der Gewässer, und überfluten dieselben den Vorstrand, dann sinkt das Meer auf sein früheres Niveau zurück und liegt platt und ruhig da wie zuvor“. Dies ist in allgemeinen Zügen ein Bild der Erscheinung. Keinerlei Wahrnehmung deutet auf einen Zusammenhang derselben mit Erdbeben, von keinem Punkte der Ostseeumrandung werden Bodenerschütterungen gemeldet. Dagegen ist, wie Credner hervorhebt, das Zusammenfallen mit einem von heftigen elektrischen Entladungen begleitenden Gewitter nicht ohne Bedeutung, besonders da nach Ausweis des Barographen zu Wustrow in derselben Nacht zwischen 2 und 3 Uhr der Luftdruck sprungweise von 756.6 auf 757.5 *mm* stieg und gleichzeitig stürmische Windstösse aus W. einsetzten, die jedoch ganz lokal auftraten. Credner glaubt, dass die Erscheinung mit gewissen abnormen Vorgängen in der Luft — raschem Steigen der nächtlichen Temperatur, sprungweiser Erhöhung des Luftdruckes, Auftreten eines heftigen Gewitters — in ursächlicher Beziehung stehe. Auch die wenigen früheren Fälle, in denen vom Auftreten des „Seebären“ berichtet wird, liefern vereinzelte Andeutungen, dass sich gleichzeitig mit ihnen auffällige atmosphärische Erscheinungen geltend gemacht haben. Die Erscheinung ist nicht lediglich auf die Ostsee beschränkt, sondern mag auch in anderen grösseren Wasserflächen gelegentlich

auftreten. So weiss man z. B., dass am 5. Juni 1858 bei Helgoland, Sylt, Kattwyk, Ramsgate, Dover und Folkestone plötzlich eine Flutwelle sich aus dem Meere erhob, welche dem „Seebären" völlig ähnlich geschildert wird.

Prof. Günther kommt [1]) zu dem Ergebnisse, dass die Seebären des baltischen Meeres kaum etwas anderes sein dürften, als Seiches, wie sie besonders durch die Untersuchungen Forel's am Genfer See bekannt geworden sind. Dass diese mit seismischen Erscheinungen nichts zu thun haben, gilt jetzt als erwiesene Thatsache, besonders nachdem 1876 und 1877 die Ufer des Genfer Sees wiederholt von Erdbeben erschüttert wurden, ohne dass der Seespiegel nur die leiseste Schwankung gezeigt hätte. Ph. Plantamour hat nachgewiesen, und unabhängig davon ist Prof. Günther auf die gleiche Vorstellung gekommen, dass das blosse Vorhandensein einer wenn auch starken barometrischen Depression nicht ausreicht, den Seespiegel in stehende Schwingungen zu versetzen, sondern dass eine energische Windbewegung erst hinzukommen muss. Nach seiner Ansicht gehören die sogenannten Seebären, ebenso wie viele andere jähe Sturmfluten, deren Energie schon nach wenigen Anschwellungen sich erschöpft, zu den als „Seiches" bekannten stehenden Vertikalschwingungen des Spiegels geschlossener Wasserbecken. Cyklonartige Stürme vom Typus der Fallwinde müssen in den bisher näher untersuchten Fällen als die für die Auslösung der oszillatorischen Bewegung massgebende Ursache anerkannt werden, wogegen die ältere an die Stosswirkung seismischer Impulse anknüpfende Hypothese zwar theoretisch nicht verfänglich, mit den praktischen Erfahrungen dagegen, vorläufig wenigstens, unverträglich erscheint.

Damit stimmt auch das Ergebnis von Krümmel, der bezüglich der Wasserbewegung im Euripus zu dem Schlusse kommt, dass Seichesschwingungen, durch Fallwinde ausgelöst, dafür eine genügende Erklärung zu liefern vermöchten [2]).

Die merkwürdige Erscheinung einer plötzlichen Flutwelle ist im Grossen Ozean nichts sehr seltenes. Eine solche Erscheinung hat am 13. März 1888 im Bismarck-Archipel und an der Küste von Neu-Guinea grosse Verwüstungen angerichtet und den Untergang einer deutschen Expedition verursacht [3]). Im Hatzfeld-Hafen an der Küste von Neu-Guinea vernahm man am 13. März 6^h früh ein schussartiges Getöse, und 40^m später kam eine ungeheuere Welle aus Norden, die 2 *m* über die höchsten Flutmarken stieg, dann rasch zurückwich und den Hafen zur Hälfte trocken legte. Darauf begann in Intervallen von 3 bis 4 Minuten ein wechselndes Fallen und Steigen, das bis 9^h anhielt.

[1]) Mitteil. d. Geogr. Gesellsch. in Wien 1888.
[2]) Petermann's Mitteil. 1888. p. 210.
[3]) Nachrichten über Kaiser-Wilhelm-Land und den Bismarck-Archipel 1889. 3. Heft.

Erst 6^h abends trat der normale Pegelstand wieder ein. In Kelena, einer Pflanzungsstation bei Kap König Wilhelm, drang um $6^1/_2{}^h$ die erste Welle, von NO kommend, 25 Fuss, die vierte Welle aber 35 Fuss ins Land. Im ganzen wurden 20 Wellen beobachtet, die alle 3 Minuten etwa eintraten. Die Erscheinung dauerte hier nur 1 Stunde bei trübem und windstillem Wetter; am Morgen des 14. März fand man die ganze Küste mit Bimssteinstücken bedeckt. In Matupi wurde von $8^1/_4$ bis gegen 11^h vormittags gleichfalls ein starkes Wechselspiel zwischen Fallen und Steigen des Meeres beobachtet, wobei die See 12 bis 15 Fuss unter die niedrigste Wassermarke zurückwich, bezw. sich über die höchste Flutmarke erhob. Wesentlich wurde nur die Südost- und Nordseite der Insel betroffen. Das Wasser sah trübe aus, der Schlamm war schmutzig. Erderschütterungen oder unterirdisches Rollen wurden nicht gemeldet; das Wetter war heiter, mit einer schwachen Brise aus SO. An der Südseite der Gazellen-Halbinsel wurde die Flutwelle gleichfalls von einem dort vor Anker befindlichen Schiffe wahrgenommen. In Sidney zeigten die Flutkurven des selbstregistrierenden Pegels vom 15., 16. und 17. März starke Abweichungen von der gewöhnlichen Form, und ähnliches wurde dort, ebenso wie in Arica, vom 14. März an längere Zeit beobachtet. An dem letzteren Orte wurde im Hafen sogar ein bedeutender Schaden durch das Einbrechen der Flutwellen verursacht. Jedenfalls hängen diese Flutwellen mit dem oben erwähnten Phänomen zusammen. Der ganze Vorgang macht es nicht unwahrscheinlich, dass in diesem Falle die Welle durch ein Erdbeben verursacht wurde.

8. Grundwasser und Quellen.

Dass alles unterirdische Wasser, mag es nun als Grundwasser oder als Quellwasser in die Erscheinung treten, nur allein unterirdischen Ursprungs ist, wird auch von Daubrée in seinem grossen Werke über die unterirdischen Wasser der Gegenwart festgehalten [1]), ebenso wie dessen Wärme, wo es als Thermen zu Tage tritt, nach demselben Forscher lediglich von der Eigenwärme der Erde herrührt. Ob nun auch in dieser Beziehung vernünftiger Weise keine Zweifel mehr herrschen, so sind doch die Verhältnisse im einzelnen noch bei weitem nicht genügend klar gelegt, und mehrere neuere Untersuchungen haben dankenswerte Aufschlüsse geliefert.

Die Schwankungen im Stande des Grundwassers und besonders auch der Einfluss der Verdunstung auf diesen Stand sind von Prof. Soyka genauer untersucht worden [2]). Nach ihm sind die Schwankungen des Grundwasserstandes direkt eine Funktion der Schwankungen des Regenfalles sowie derjenigen

---

1) Daubrée, Les causes souterraines à l'époque actuelle **2.** Paris 1888.
2) Penck's geogr. Abhandl. **2.** Heft 3. Wien 1888.

der Verdunstung, sofern nicht sein Niveau durch den Spiegel eines benachbarten fliessenden Wassers beeinflusst wird. Da die an Evaporimetern beobachteten Werte der Verdunstung keine reelle Bedeutung besitzen, weil sie nur für eine permanente Wasserfläche, dazu noch von meist kleinem Areal, gelten, so sucht Soyka die Änderung der Verdunstung von Monat zu Monat wie von Jahr zu Jahr durch die Änderung des Sättigungsdefizits zu veranschaulichen. Mit dem Worte Sättigungsdefizit bezeichnet man die Differenz zwischen dem thatsächlich in einem gegebenen Moment beobachteten und dem bei der herrschenden Temperatur überhaupt möglichen (maximalen) Dunstdruck, d. h. dem Dunstdruck der Sättigung. Die Abhängigkeit der Grundwasserschwankung von Regenfall und Verdunstung zeigt sich klar in der Jahresperiode, wie die nachfolgenden Zahlen für München und Berlin lehren.

	München			Berlin		
	Grundwasser über dem Meer 515 *m* +	Regen *mm*	Sättigungsdefizit *mm*	Grundwasser über dem Meer 32 *m* +	Regen *mm*	Sättigungsdefizit *mm*
Januar . . .	0.402	35	0.18*	0.72	40	0.71
Februar . . .	0 417	29*	0.42	0.79	35	0.91
März	0.482	48	0.86	0.88	47	1.55
April	0 501	56	1.84	0.96	32*	2.73
Mai	0 521	78	2 43	0.88	40	3.95
Juni	0.582	112	3.11	0.69	62	5.13
Juli	0.592	112	3 54	0.56	66	5.69
August . .	0.567	102	3.23	0.45	60	4.83
September . .	0.463	72	2 06	0.40	41	3.77
Oktober . .	0.367	54	0.94	0.38*	58	1.72
November . .	0.324*	50	0.41	0.47	44	1.01
Dezember . .	0.352	46	0 22	0.50	46	0.59*
Jahr	0 463	794	1 60	0.64	571	2.71
Amplitude . .	0.268	83	2.36	0.58	33	5.05

Eine Steigerung des Regenfalles hat die Tendenz, den Grundwasserspiegel zu heben, eine solche der Verdunstung, denselben zu erniedrigen. An beiden Stationen wirken Regenfall und Verdunstung einander entgegen, da beide Elemente im Sommer ihr Maximum erreichen. Trotzdem ist die resultierende Grundwasserschwankung ganz verschieden. In München, wo die jährliche Schwankung des Regenfalles gross (83 *mm*), diejenige des Sättigungsdefizits aber (2.36 *mm*) klein ist, folgt das Grundwasser dem Regenfall; anders in Berlin, wo der höchste Grundwasserstand auf die Zeit der Schneeschmelze, der tiefste entsprechend der Verdunstung, doch etwas verspätet, in den Herbst fällt; denn in Berlin ist umgekehrt die Amplitude des Regenfalls klein, diejenige des Sättigungsdefizits gross. Wie München verhält sich unter anderen auch Salzburg (Amplitude des Regenfalls 129 *mm*, des Sättigungsdefizits 2.85 *mm*), wie Berlin dagegen Frankfurt a. M. (48 *mm*, bezw. 4.7 *mm*) und Brünn

(49 *mm*, bezw. 5.9 *mm*). Diese Abhängigkeit tritt nun auch klar bei der Änderung des Grundwasserstandes von Jahr zu Jahr hervor. Nur ergiebt sich aus den Zahlen für München und Salzburg, dass im grossen der Niederschlag hier ausschlaggebend ist. Denn derselbe beeinflusst das Sättigungsdefizit in der Weise, dass die regenreichen Jahre durch ein niedriges, die regenarmen durch ein hohes Sättigungsdefizit ausgezeichnet sind. Die Beziehungen des Grundwassers zu den oberirdischen Wasserläufen gestalten sich ganz verschieden, je nach dem Charakter der letzteren. Da sind zuerst die oberflächlichen Gerinne, die entweder Abflüsse von Wasseransammlungen, Seen, bilden, oder durch einen Terraineinschnitt zu Tage getretenes Grundwasser sind, das sich in einem Thälchen abwärts bewegt. dessen Gefälle kleiner ist als dasjenige des Grundwasserspiegels. Derartige Gerinne fliessen oft in einem lockeren, für Wasser durchlässigen Bett hoch oben über dem Niveau des Grundwassers und geben auf ihrem Lauf allmählich Wasser an dasselbe ab. So verliert z. B. der Ausfluss des Starnberger Sees auf einer Strecke von 11 *km* 17 % seines Wassers an das Grundwasser. Von diesen oberflächlichen Gerinnen unterscheidet Verfasser die eigentlichen Flüsse, deren Spiegel fast immer etwas tiefer als der Grundwasserspiegel liegt, und gegen welche hin sich der letztere senkt. Fliesst ein Fluss in einem tief in die undurchlässige Schicht, auf welcher sich der Grundwasserstrom bewegt, eingeschnittenen Bett, so sind die Schwankungen des Flussspiegels ohne Einfluss auf die Schwankungen des Grundwassers. So hat z. B. die Isar bei München ihr Bett durch Erosion von 1869—1885 um 2.8 *m* vertieft. während der Grundwasserspiegel seine Lage beibehalten hat. Befindet sich dagegen ein Flussbett innerhalb des durchlässigen Bodens hoch über der undurchlässigen Schicht, so ändern sich die Grundwasserstände in der Nachbarschaft des Flusses mit jeder Änderung des Flussniveaus.

Die völlige Abhängigkeit des Grundwasserstandes von der jährlich fallenden Niederschlagsmenge ist auch durch Lang nachgewiesen worden[1]). Derselbe findet auch, dass der Einfluss des Niederschlags auf den Grundwasserstand mit der Jahreszeit nach seiner Grösse wechselt, so dass die Herbst- oder Frühlingsniederschläge den Stand des Grundwassers weit beträchtlicher erhöhen als gleich grosse Mengen im Sommer. Dieser mit der Jahreszeit wechselnde Einfluss des Niederschlags lässt endlich in ungezwungener Weise die Ursache erkennen für die übrigens sehr geringe Anzahl der Abweichungen vom Parallelismus im säkularen Verlaufe beider Elemente.

„Wenn man daher“, sagt Lang, „den säkularen Verlauf irgend eines Naturereignisses mit jenem der Hydrometeore ver-

---

[1]) Bayr. Meteorol. Jahrbuch 9. Heft 4.

gleichen will, so ist man nicht genötigt, auf eigentliche Niederschlagsmessungen zurückzugehen, sondern es ist zulässig, an deren Stelle die Beobachtungen von Grundwasserständen treten zu lassen. Ebenso ist der zweite und wahrscheinlich häufigere Fall denkbar und statthaft, dass man den säkularen Verlauf von Grundwasserständen durch jenen von Niederschlagssummen ersetzt."

Das in den Erdboden einsickernde Wasser steht offenbar in einem bestimmten Verhältnis zu den Niederschlägen. Professor Ebermayer hat neue Versuche angestellt, um dieses Verhältnis zu ermitteln [1]. Er liess im Garten der forstlichen Versuchsanstalt zu München den Boden 1.2 *m* tief ausheben und bestimmte 5 Quadrate von je 4 *qm* Fläche, welche durch wasserdichte Scheidewände getrennt wurden. Die Sohle jeder Grube wurde ebenfalls wasserdicht gemacht und mit einer Vertiefung versehen, die alles Sickerwasser nach einem Sammelgefässe leitete. Die 5 Gruben wurden 1 *m* hoch mit verschiedener Erde gefüllt, nämlich 1. mit weissgrauem, gröbkörnigem Quarzsande, 2. mit rotem, feinkörnigem Quarzsande, 3. mit reinem, lössartigem Lehm, 4. mit reinem Kalksand, 5. mit schwarzer Moorerde. Ein nebenstehender Regenmesser lieferte die Data über die Quantität der Niederschläge. Die Sickerwasser unter den Gruben wurden täglich gemessen und die Beobachtungen seit 1881 vier Jahre hindurch fortgesetzt. Die Ergebnisse sind folgende:

1. Bei gleicher Zufuhr von Niederschlägen lieferte feinkörniger Quarzsand das meiste Sickerwasser, dann folgte in abnehmender Reihe feinkörniger Kalksand, grobkörniger Quarzsand, lössartiger Lehm und zuletzt Moorerde.

2. Entsprechend der Grösse und Verteilung der Niederschläge war die absolute Sickerwassermenge am beträchtlichsten im Sommer, dann folgte der Herbst, hierauf das Frühjahr und zuletzt der Winter; nur beim lössartigen Lehm sickerte im Frühjahr etwas weniger Wasser in die Tiefe als im Winter.

3. Im niederschlagreichen Jahre 1883 ergaben die Quarz- und Kalksandböden auch das meiste Sickerwasser; beim lössartigen Lehmboden tritt der Zusammenhang der Niederschlagsmenge mit dem Sickerwasser nicht so deutlich hervor, „weil sich in diesem Boden im Laufe der Zeit durch allmähliches Auswaschen von Kalkkarbonat kleine Kanälchen bildeten, welche die Durchsickerung erleichterten und von Jahr zu Jahr eine Zunahme der Sickerwassermenge veranlassten". Beim Moorboden floss im ersten Jahre viel mehr als in den folgenden Jahren.

4. Im Verhältnis zur Niederschlagshöhe waren die Sickerwassermengen bei allen Bodenarten im Winter am grössten (da der Wasserverlust durch Verdunstung am kleinsten ist). Das

[1]) Forschungen auf d. Gebiete der Agrikulturphysik **13.** p. 1 ff 1890.

Minimum der relativen Abflussmenge fiel bei den Quarzsand- und Lehmböden auf das Frühjahr, beim Kalksand- und Moorboden auf den Sommer.

5. Die auffallendste und wichtigste Thatsache war, dass beim Lehm- und Moorboden der Wasserabfluss stets beträchtlich geringer war, als die Niederschlagshöhe, während bei allen feinkörnigen Bodenarten, insbesondere im Winter, mehr Wasser absickerte, als durch Niederschläge zugeführt wurde. So lieferte namentlich der feinkörnige Quarzsand im Winter um 29%, im Sommer und Herbst um 4%, im Jahresdurchschnitt um 7% mehr Wasser, als er von oben erhielt; bei feinkörnigem Kalksand kam diese Erscheinung nur im Winter vor, beim grobkörnigen Quarzsand nur im Winter der beiden letzten Jahre. Die Ursache des Überschusses der Sickerwasser gegen die Niederschläge, welchen die feinkörnigen Böden besonders im Winter zeigten, erblickt Ebermayer in der Kondensation von atmosphärischen Wasserdämpfen im Boden. Diese Kondensation findet in dem kälteren Boden statt, wenn die Luftzirkulation im Boden am lebhaftesten und die Abkühlung am grössten ist.

Die Grubenwasser in einigen Kohlenbergwerken des Departements Bouche du Rhone sind bezüglich ihres Zusammenhanges mit den Regenfällen von Darodes untersucht worden[1]). Bei dem ersten Regen, der auf die Trockenzeit folgt, also demjenigen des August und September, wird das Wasser grösstenteils von der Ackerkrume oder den etwas schwammartigen Felsen zurückgehalten, welche es danach nur langsam wieder abgeben. Die Bäche fliessen schwach, und ihr Einfluss ist im Bergwerk kaum zu spüren; kaum, dass das natürliche Sinken der Wasserspiegel dadurch aufgehalten wird. Wenn sodann die reichlichen Regen des Oktober und November eintreten, fallen sie, im gebirgigen Teile der Gegend, auf bereits gesättigtes Kalkgestein, welches entweder nackt oder mit einer dünnen Decke von Pflanzenerde bedeckt ist; die Wasser fliessen sehr rasch auf der Oberfläche ab, indem sie Bäche oder, richtiger, Bergströme bilden, Nebenflüsse des Arc, welche natürlich die Haupt-Dislokationslinien verfolgen, längs deren die Zerstörung der oberflächlichen Gesteine durch die atmosphärischen Einflüsse am leichtesten war. Aber der grösste Teil des Wassers verschwindet im Boden durch die Spalten, welche es auf seinem Wege findet, und welche die Bildung der Erosionstrichter bedingt haben. Diesen Spalten und Erosionskanälen folgend, beginnt das Wasser im Bergwerk 24 bis 36 Stunden nach dem Regen anzulangen. Die kleinen Quellen des östlichen Teiles, welche von den Bächen der Umgegend von Trets kommen, beginnen am frühesten zu fliessen, denn die Berg-

---

[1]) Bulletin annual de la Commission météorolog. du départ. Bouche du Rhone 1886. p. 113. Auszüglich in Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 80.

kette des Olympe, welche nach dem Arc zu in steilen Kalkwänden abfällt, mit Ausläufern, die von Thonen und Sanden bedeckt sind, sendet nur sehr wenig Wasser in die Minengegend; nur in der Ebene von Kierbon giebt es eine nennenswerte Menge. Sodann kommen einige Stunden später die Quellen des Südostens, welche viel reichhaltiger und andauernder sind. Wenn der Regen stark war, so erreicht der Wasserzufluss im allgemeinen in 24 Stunden sein Maximum und nimmt darauf rasch ab; nach schwachen, aber häufigen und langdauernden Regen ist der Zufluss langsamer, aber er wächst dann allmählich während eines Zeitraumes, der sich über vier und fünf Tage erstrecken kann. Im übrigen sind die veränderlichen Elemente, von denen diese Zuflüsse und ihre Wirkungen in der Mine abhängen, offenbar: der Feuchtigkeitszustand des Bodens, die Wasserstandsverhältnisse der Jahreszeit, die Stärke und Dauer des Regenfalles, die Fläche, auf welche er sich erstreckt hat, und die der Gegend, wo er sein Maximum erreicht hat. Die Regen des Frühjahres, welche von jenen des Herbstes durch eine relative Trockenheit im Dezember oder Februar getrennt sind, verhalten sich ebenso, die Wirkungen sind proportional ihrer Intensität.

Über die Hydrologie der Teplitzer Thermalquellen hat sich W. Waagen verbreitet[1]). Nach Stelzner durchsetzen die Teplitzer Thermen auf einigen jener grossen Verwerfungsspalten, die durch die Absenkung des südlichen Flügels der Erzgebirgsfalte aufgerissen worden sind, den Porphyr und verästeln sich in der Nähe der oberen Grenze desselben in die feineren Klüfte des Gesteines. Eine zu weit gehende Aufsaugung der Thermen durch das Nebengestein wird durch die von Tage aus eindringenden wilden Wässer verhindert, wobei es auf den zarten Gesteinsklüften zu einer Stagnation der Tagewässer auf den abgegrenzten und inmitten der kälteren Umgebung sich rasch abkühlenden Thermalwässern kommt. Die Grundwässer von Teplitz und Umgebung stagnieren aber andererseits auf der Grenze zwischen Porphyr und den diesen wie ein Mantel umlagernden Plänerschichten; sie lösen daselbst das kalkige Bindemittel des Porphyrkonglomerates (tiefste Zone der cenomanen Etage des Pläners) unter Rückstand losen Porphyrgerölles, anderorts den kalkigen Pläner unter Hinterlassung lettiger Massen auf. So entstanden Höhlungen, die sich mit Tagewässern anfüllen, und diese waren es, welche zunächst bei der letzten Schachtkatastrophe ihr Wasser in die Grubenräume ergossen. Da sie durch ein Spaltensystem mit den Quellen von Teplitz in Verbindung stehen, so konnten zunächst die Grundwässer von dort nach der Einbruchsstelle abfliessen und vermochten nun nicht mehr die auf Nebenklüften verästelten Thermen zusammenzuhalten, sondern wirkten im

[1]) Technische Blätter **20.** 3. Heft.

Gegenteil aufsaugend auf dieselben, so dass diese nun ebenfalls nach der tief gelegenen Einbruchsstelle ihren Abfluss nahmen.

Von dieser Auffassung Stelzner's unterscheidet sich die Ansicht Stur's wesentlich dadurch, dass das Thermalwasser nicht als ein aus der Erdtiefe aufsteigender Strom betrachtet wird, sondern als das Porphyrgrundwasser, welches durch Exhalationen (besonders Kohlensäure) erwärmt und bewegt wird.

Dagegen gelangt Waagen in Hinsicht auf die Wechselbeziehung zwischen Thermen und Bergbau im allgemeinen zu ähnlichen Resultaten wie Stelzner. Er erörtert aber ausserdem die interessante Frage nach der ursprünglichen Herkunft der Teplitz-Schönauer Thermalwässer. Schon Laube hat auf Grund der Anwesenheit von Lithion und Huminsubstanzen die Ansicht geäussert, dass die Wässer vom Erzgebirge kommen und dem dortigen Glimmer das Lithium entziehen, ein Element, das im Porphyr gänzlich fehlt. Waagen macht nun auf andere Momente aufmerksam, die ebenfalls auf das Erzgebirge hinweisen. Da, wo das Spaltensystem, auf dem der Porphyr und Granitporphyr zwischen Altenberg und Teplitz emporgedrungen, sich schneidet mit dem Spaltensystem längs des Südfusses des Erzgebirges, steigen nach Suess' und des Verfassers Ansicht die Thermen empor. Das Niederschlagswasser sinkt von der Höhe des Gebirges an der Grenze des Porphyrs in die Tiefe, erreicht die alte Eruptionsspalte, dringt nach Süden bis Teplitz vor, woselbst sich ihm ein Hindernis in den Eruptivmassen des Mittelgebirges entgegenstellt, welche die nordsüdlich gerichtete Eruptionsspalte des Porphyrs verstopfen. Die Wässer wenden sich nach oben, erreichen ein zufällig den Porphyr durchsetzendes Spaltensystem und treten so aus diesem zu Tage. Das nötige Speisewasser gelangt zu den Thermen nicht durch den Porphyr, sondern diese Zufuhr muss in grossen Tiefen unter der Porphyrdecke stattfinden. Der nicht unbeträchtliche Gehalt der Thermen an Strontium und Kohlensäure weist nach Waagen auf das Mittelgebirge hin (die Basalte und Phonolithe enthalten Spuren von Sr, die daselbst vorkommenden Aragonite grössere Mengen). „Die einfachste Erklärung für diese Erscheinung ist wohl die, dass in der Tiefe, in welcher die Porphyr-Eruptionsspalte das Mittelgebirge erreicht, noch ein nicht ganz abgekühlter vulkanischer Kern vorfindlich sei, mit dem das auf der Porphyrspalte zirkulierende Wasser in Berührung kommt, und von dem es mit Kohlensäure und Strontium versehen wird, zugleich eine bedeutende Temperaturerhöhung erlangend.“

Diese Erörterungen erinnern an die Auffassung Gümbel's über die Karlsbader Thermen, deren 50mal grösserer Gehalt an Natronsalzen gegenüber den Kalisalzen in Verbindung mit ihrer hohen Eigenwärme zu der Vorstellung dränge, dass jene nicht ein Auslaugungsprodukt des Granits (mit 4 % K gegen 3 % Na) darstellen,

in dem die Thermen auftreten, sondern dass sie von einem basaltähnlichen Eruptivgestein abstammen, welches, nicht bis zur Oberfläche vorgedrungen, in der Tiefe noch einen hohen Grad seiner ursprünglichen Schmelzhitze bewahrt hält, wovon es eine im Vergleich zu seiner Masse und seinem Vorrat verhältnismässig geringe Menge nach und nach an die bisher auf feinsten Spalten beiziehenden Gewässer abgiebt[1]).

Über die Herkunft der Emser Quellen hat Dr. Stapff Untersuchungen angestellt[2]). Seine Ergebnisse sind folgende:

„Die Emser Thermalwässer steigen aus der Tiefe entlang WSW gerichteten Hauptspalten und verbreiten sich im Quellgebiet auf denselben und nach NNW streichenden Querspalten, sowie nach NE⊢SE verlaufenden Schichtfugen und permeabelen Schieferschichten. Hauptspalten und Querspalten gehören Kluftsystemen an, welche der Thermalmulde und der Gangmulde gemeinsam sind, und zwar erscheinen die Hauptspalten die jüngsten, die an und für sich älteren Querspalten aber zum Teil nachmals wieder aufgerissen. Zum System der Querspalten gehören gewisse Quarz- und Erzgänge, namentlich der hier vor allem in Frage kommende Neuhoffnungsstollengang, welcher gegen das Quellgebiet gerichtet ist, während gleichsinnige Gangtrümmer aus diesem gegen den Neuhoffnungsgang streichen. Aus der Zusammensetzung der „Eisenquelle“ hinter den „4 Jahreszeiten“ geht hervor, dass Klüfte, welche das Emser Thermalwasser herbeiführen, den Hauptsattel zwischen Thermalmulde und Gangmulde durchdringen. Gleichzeitig zeigt diese Quelle, dass Mineralwässer, welche den Emsern sehr unähnlich sind, dennoch aus der Mischung mit solchen hervorgegangen sein können. Zu Ende der Diluvialzeit zirkulierten die Thermalwässer durch die bezeichneten Spalten sowohl in der jetzigen Thermalmulde als in der Gangmulde, und ihr Abfluss wurde beim Einschneiden der jetzigen Thäler tiefer und tiefer verlegt, bis er in dem jetzt am tiefsten aufgeschlossenen Punkt des Quellapparates, nämlich in dem Emser Quellgebiet, anlangte. Würde ein noch tieferer Ausgangspunkt hergestellt, so würde sich diesem der Abfluss zuwenden, falls die Wege dahin noch offen sind. Einen solchen tieferen Austrittspunkt stellen eventuelle Tiefbaue unter der Sohle des Stadt- und Neuhoffnungsstollens dar. Für Offenheit der Klüfte dahin sprechen verschiedene Indizien an der Oberfläche (klaffende Klüfte, Runsen, Mangel an Quellen und Bächen), sowie das Verhalten der betr. Klüfte etc. in der Grube. Die Wasserschwelle zwischen zwei gleich hoch an den entgegengesetzten Gehängen des durchlässig gedachten Berges belegenen Abflusspunkten, welche beiderseitig unter dem lokalen Wasserkegelwinkel abdacht, wird durch Eintreiben eines

[1]) Referat i. d. Sitzungsber. d. Isis 1889. p. 6.
[2]) Schreiben an die Direktion der König-Wilhelm-Felsenquellen.

Stollens erniedrigt, und mit ihrer Senkung vermindert sich der Aufstau des am gegenüberliegenden Gehänge hervortretenden Wassers, also auch dessen Abflussquantum. Selbst ein Stollen, welcher nicht unter dem Niveau des Quellpunktes angesetzt ist, kann also vom ersten Beginn an die gegenüberliegende Quelle schwächen, schliesslich zapfen. Gesenke unter dem Stollenniveau beschleunigen nicht nur diesen Vorgang, sondern übertragen ihn auch auf tiefer und vom Berggehänge weiter ab liegende Quellen."

Die merkwürdigen Mineralquellen von Crausac sind von A. Carnot auf die Zusammensetzung ihrer Wasser untersucht worden[1]). Während gewöhnlich die Mineralquellen aus grösserer Tiefe stammen, finden die Quellen von Crausac die Ursache zu ihrer Mineralisation nur wenig unter der Erdoberfläche. Die Quellen treten in dem Crausacthale am Fusse oder an den Abhängen von Bergen zu Tage, wo mächtige Schichten von Steinkohle, überlagert von bituminösen und pyrithaltigen Schiefern sich befinden. Der Abbau der Kohlen hat stellenweise Bodensenkungen veranlasst, und in der Kohle und den Schiefern sind Brände entstanden, welche die benachbarten Schichten kalciniert haben. Man bemerkt in einiger Entfernung oberhalb der Quellen rote, mit Eisenoxyd imprägnierte Erdstreifen, welche man als Erdbrand bezeichnet, und stellenweise auch Entwickelung von Dämpfen. Die meteorischen Wässer, welche durch diese Schichten filtrieren, beladen sich mit Mineralbestandteilen. Der Reichtum der Quellen an Wasser wird durch Regen, Schnee und Trockenheit beeinflusst.

Die Salzquellen Ungarns sind von Dr. S. Fischer, gestützt auf amtliches Material, studiert worden, besonders in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung[2]). Es ergab sich, dass in Ungarn 282 Ortschaften sind, bei denen sich salzhaltige Quellen oder Brunnen befinden. Das dichteste Wasser (1.2065) mit 26.74 % fixer Bestandteile hat der Salzbrunnen von Nagy-Demeter im siebenbürger Komitat Bistritz. Die Wasser der ungarischen Salzquellen enthalten meist Eisen, Kalk und Magnesium. Jod und Brom fanden sich in den Quellen von 64 Orten. Die Wassermächtigkeit der Salzquellen in einigen Komitaten Siebenbürgens und der Marmaros ist sehr bedeutend. Diese Quellen liefern jährlich über $8\frac{1}{2}$ Millionen Kilogramm fester Bestandteile. Die wichtigste und nördlichste dieser Quellen ist bei Polhora im Komitat Arva, die südlichste bei Czodt im Komitat Hermannstadt.

Die Mineralquellen Bosniens hat E. Ludwig bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung studiert[3]).

---

[1]) Compt. rend. **3.** p. 192. Chem. Centralblatt 1890. **2.** p. 467.
[2]) Mitteilgn. der Ges. für Erdkunde zu Wien 1888. p. 118.
[3]) Chem. Centralblatt 1890. **2.** p. 468.

9. Flüsse.

Die Bezeichnung Hauptfluss oder Nebenfluss erscheint in den Namen unser Ströme keineswegs nach einem erkennbaren, überall durchgeführten System erfolgt zu sein. Wisotzki weist dies in einer besonderen Schrift[1]) im einzelnen nach und führt des Genaueren aus, welche Eigenschaften einen Fluss berechtigen, als Hauptfluss zu gelten. Hierzu muss man nach dem Verf. das ganze Stromsystem in jedem einzelnen Fall in Betracht ziehen und feststellen, welcher von den Flussläufen desselben sich von allen anderen durch seine horizontale und vertikale Stellung unterscheidet. Im einzelnen lassen sich wohl treffende Beispiele zu Gunsten dieses Prinzips beibringen, allein manche Flüsse zeigen sich dieser Klassifizierung gegenüber widerspenstig. Unserer Ansicht nach ist es verfehlt, überall nach einem Schema Hauptfluss und Nebenfluss unterscheiden zu wollen; auch liegt, offen gesagt, nicht viel daran, und praktisch hat der Sprachgebrauch die Frage ein für alle mal längst entschieden.

Über die Wasserstandsbewegung in den Flüssen hat E. Faber Betrachtungen angestellt[2]). Er betont, dass in allen Fällen die Temperatur bestimmend für den mittleren jahreszeitlichen Gang der Wasserstandsbewegung in offenen Gerinnen ist. „Im Hochgebirge wirkt dieselbe vorherrschend durch ihren Einfluss auf die Verteilung der Niederschläge in fester und flüssiger Form, auf die Aufspeicherung und Abschmelzung der Schneemassen. Der Gang der Wasserstandsbewegung folgt hier dem Gange der Temperatur.

Im Mittelgebirge, Hügel- und Flachlande bestimmt die Temperatur den Gang der Wasserstandsbewegung vorwiegend durch ihren Einfluss auf den Grad der Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit des Bodens. Je niedriger die Temperatur, je geringer also die Verdunstung und je stärker die Frostwirkung, desto günstiger gestalten sich die Bedingungen für den oberirdischen Abfluss: Wasserstand und Temperatur zeigen deshalb in ihrem mittleren, jahreszeitlichen Gange entgegengesetztes Verhalten.“

Die schroffen Wechsel der Wasserführung, das Auftreten höherer Anschwellungen, der Einbruch verheerender Fluten entspringt dem oberirdischen Zufluss der Tagewasser. Im allgemeinen kann man hierbei annehmen, dass sich aus der Gestaltung der Bodenoberfläche, also aus der Gliederung des Flussgebietes, aus den Neigungen der Gehänge und den Gefällen der Flussgerinne ein zutreffenderes Urteil über die Art, wie sich ein Hochwasservorgang vollzieht, gewinnen lässt, als aus der geologischen Beschaffenheit des Gebietes, dass aber letztere um so mehr in

[1]) Hauptfluss und Nebenfluss. Halle 1889.
[2]) Gaea 1890. Heft 3 u. 4.

den Vordergrund tritt, je mehr die Oberfläche des Gebietes sich verflacht. Da das feste Gestein in der Regel von einer mehr oder minder mächtigen lockeren Verwitterungsschicht bedeckt ist, nur selten also zu Tage tritt, so kommt beim Ablauf der Niederschläge die Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit desselben erst dann zur Geltung, wenn der lockere Boden gesättigt ist, und derselbe nun den Wasserüberschuss zum festen Grundgestein leiten kann. Somit spielt also vor allem der Zustand der obersten Bodenschicht, also der Grad der Verwitterung des Gesteins in den verschiedenen Punkten seines Auftretens, der Grad der Einschlemmung des Bodens, dann der Grad seiner Vermengung mit quellungsfähigen Massen, bei den Abflussvorgängen eine Rolle. Dieser Zustand lässt sich jedoch nach der Kenntnis des geologischen Aufbaues, nach Angaben auch der besten geologischen Karten, zumal bei einem grösseren Wechsel der Formationen, nur in beschränktem Masse beurteilen, wobei übrigens eine derartige Beurteilung doch nur für den pflanzenlosen Boden ihre Berechtigung hätte oder wenigstens doch nur da, wo nicht gerade Wiese oder Wald, dichtes Moos und Streuwerk den Boden bedeckt hält. In den allermeisten Fällen ist deshalb eine Höhenschichtenkarte ein weitaus besseres Hilfsmittel zum Studium der Wasserstandsbewegung, als eine noch so weit ins einzelne gehende geologische Karte.

Als Grundlage aller gewässerkundlichen Forschungen hat vor allem eine Darstellung der Oberflächenform des Gebietes und des Zustandes der Wasserläufe in eingehendster Weise zu erfolgen, ferner eine Darstellung der Beschaffenheit des Bodens und seiner Bewirtschaftung Die Beobachtungen der Witterungserscheinungen, namentlich der Niederschläge und des Verhaltens der Schneedecke an möglichst zahlreichen Orten, die Beobachtungen über die Bewegung des Grundwassers und des Wassers in den offenen Gerinnen,[1]) die Bestimmungen der Abflussmenge aus den Quellen und der Durchflussmenge in den wasserführenden Bodenschichten und in den offenen Gerinnen ergeben sodann einen sicheren Massstab zu vergleichenden Untersuchungen in den einzelnen Gebieten. Erst die Summe all dieser Darstellungen, Messungen und Beobachtungen setzt uns in den Stand, den Grad der Aufnahmefähigkeit und Durchlässigkeit eines Gebietes zu bestimmen und all die Ursachen, welche eine Anschwellung bewirken, nach ihrem gegenseitigen Verhältnis bemessen zu können.

[1]) Bestimmungen betr die Beobachtungen und Aufzeichnungen über das Auftreten und den Verlauf der Anschwellungen in den grösseren Gewässern des deutschen Rheingebietes Aufgestellt von d. Centralbl. f. Meteorologie u. Hydrographie in Karlsruhe i. B. Centralbl d. Bauverwalt. Berlin 1886. p. 507—510. Über die Beobachtung und Untersuchung der Hochwasserverhältnisse in den preuss. Stromgebieten. Centralbl. d. Bauverwalt. Berlin 1889. p. 123—124.

Solche Daten liegen aber bis heute noch für keinen Strom in ausreichendem Masse vor, weshalb die Lösung der wichtigen wasserwirtschaftlichen Fragen zur Zeit noch fester Grundlage entbehrt. Am meisten in dieser Beziehung ist noch das Stromgebiet der Seine erforscht, wie Belgrand in seinem berühmten Werke näher nachweist [1]).

Zur Beurteilung vermuteter Veränderungen in der Menge des Niederschlages über grössere Gebiete hat man bisweilen die Abflussmengen und selbst die Pegelstände von Flüssen herbeigezogen, welche solche Gebiete durchfliessen. W. Ule weist nun an einer Anzahl bestimmter Beispiele nach [2]), dass bei Strömen Veränderungen im Betrage der Abflussmenge keineswegs durch eine Abnahme oder Zunahme des Niederschlages in dem zugehörigen Stromgebiet verursacht zu sein brauchen, dass vielmehr diese auch nur durch Änderungen in der Beständigkeit und in der zeitlichen Verteilung der klimatischen Konstanten hervorgerufen werden können. „Im Jahre 1884 betrug die als Regen gefallene Wassermenge des Entwässerungsgebietes der Saale bis zu ihrem Eintritt in die norddeutsche Tiefebene bei Cönnern 11791 Millionen Kubikmeter — ermittelt aus 45 Stationen —, wovon nicht ganz der dritte Teil, nämlich 3239 Millionen Kubikmeter, in der Saale zum Abfluss kam. Die Niederschlagsmenge des Jahres 1886 war nur um 1 % geringer, sie belief sich auf 11667 Millionen Kubikmeter; davon flossen aber in der Saale nur 2895 Millionen Kubikmeter ab, so dass also die Wassermenge des Flusses im letzteren Jahre um nahezu 14 % der des Jahres 1884 nachstand. Die Ursache dieser Abweichungen in der Wasserführung sind bei einer Betrachtung der Wasserstandskurven für die genannten Jahre gewiss mit Recht darin zu suchen, dass 1884 viel häufiger als 1886 durch heftige Regengüsse stark ansteigende Hochwasser eingetreten sind.

Ule weist auch darauf hin, dass die Thatsache, ob einem starken oder heftigen Regenguss eine längere Trockenperiode vorausgegangen ist oder nicht, für die Grösse des Abflusses von Belang ist. „Denn ein ausgetrockneter Boden saugt einen weit grösseren Teil des gefallenen Regenwassers in sich auf, als ein bereits durchnässter; von diesem wird ein Regenguss fast ganz zum Abfluss gelangen. Während des Juni 1886 hatte es fast täglich geregnet; als nun am Ende dieses Monates noch ein etwas heftigerer Regen eintrat, stieg am 2. Juli die Wassermenge pro Sekunde in der Saale bei Cönnern auf 138.8 *cbm*. Darauf folgte eine etwa achttägige Trockenperiode, innerhalb welcher die Wassermenge in der Sekunde auf 70.6 *cbm* herabsank. Als daher

[1]) Belgrand La Seine-Régime. Paris 1873.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1890. p. 127 u. ff.

am 8., 9. und 10. Juli sich wieder im ganzen Stromgebiet ein bedeutender Regen einstellte, der den Regenfall vom Ende Juni fast um das Doppelte übertraf, erhob sich doch die Wassermenge der Saale am 13. Juli vorübergehend nur auf 164.8 *cbm*.

„Den grössten Einfluss auf die Wasserführung der Flüsse übt die jahreszeitliche Verteilung des Niederschlages, wenigstens in den Gegenden mit andauernder Frostperiode aus. Denn der Abfluss des Regens im Winter ist bei uns fast um das Dreifache grösser als der des Sommers. In der Saale beträgt die Abflussmenge in Prozenten des Niederschlages im 15 jährigen Mittel (1872—1886) während des Winters — November bis April — 51 % während des Sommers — Mai bis Oktober — dagegen nur 17.3 %. Die jährlichen Abflussmengen eines Flusses (also auch der mittlere Pegelstand) spiegeln also mehr die winterlichen als die sommerlichen Niederschlagsverhältnisse ab“.

Die Ungleichseitigkeit der Flussufer, welche sich bei vielen grösseren und kleineren Flüssen findet, tritt nach den Karten der Geologischen Landesuntersuchung auch in Sachsen sehr auffallend hervor. Dr. Rucktäschel hat sich hierüber eingehend verbreitet[1]) und betont, „dass in Sachsen viele Bäche immer nur auf der einen Seite eine steile Böschung haben, während die andere Thalseite auf weite Erstreckung flach und mit altem Flusssand und Lehm bedeckt ist, und zwar sind merkwürdiger Weise immer nur die Ost-, Nordost- und Südostufer steil, seltener die Nordufer“. „Die bisher angeführten Erklärungsweisen, sagt er, genügen für einzelne bestimmte Fälle, nicht aber für das scharenweise Auftreten von östlichen Steilgehängen. Diese letzteren müssen eine allgemeine Ursache haben, das sind die vorherrschend von Westen kommenden Regenwinde. Die Wirkung dieser Westwinde, welche oft fürchterliche Regengüsse gegen die östliche Thalwand schleudern, ist ganz bedeutend. Konglomerate, Sande und Lehm werden oft in unglaublicher Menge von dem östlichen Ufer herabgeführt. Nur an den vom Wald geschützten Teilen geht die Zerstörung langsamer vor sich“.

Die grössere erodierende Kraft des Regens an der Windseite jedes Rückens wird von Rucktäschel auf die grössere Regenmenge eines solchen Abhanges zurückgeführt. Der Einfluss des Windes auf die Gestaltung der Flussufer ist überhaupt bis jetzt noch viel zu wenig gewürdigt worden. Am eingehendsten hat sich St. v. Vilovo damit beschäftigt[2]) in einer Untersuchung über das seitliche Rücken der Flüsse. Er sagt daselbst:

„Die erste und ursprünglichste Kraft entsteht zufolge der stetig währenden Verwitterung und Abschürfung der Felswände und der Hinabspülung dieses Gerölles und Geschiebes im Bette

[1]) Petermann's Mitteilungen 1889. 9. Heft.
[2]) Mitteilungen der geogr. Gesellsch. in Wien. **24.** p. 167—187.

der Nebenflüsse in die Flanken des Hauptthales. Diese Arbeit der Verwitterung und des Hinabrutschens der Geschiebe findet im Hochgebirge in viel höherem Masse an den der Mittagssonne und täglich sich wiederholendem Auftauen ausgesetzten Abhängen statt, als an den nach Norden gewendeten, und darum werden Flüsse, die nach Osten oder nach Westen fliessen, durch Muhrenbildung vorwiegend südwärts gedrängt".

„Die zweite Kraft, welche die Flüsse zum seitlichen Rücken zwingt, ist der herrschende Wind, der im Frühling zur Zeit des Hochwassers wochenlang und stetig Welle auf Welle gegen das entgegengesetzte Flussufer wälzt, dieses annagt, unterwäscht und so Streifen für Streifen Landes in die Fluten reisst".

„Diese Kraft erkennen wir unzweideutig aus den Karten: sie wirkt ebenso gegen den Donaulauf in der Strecke von Budapest bis Semlin, wie gegen die Theiss von der Mündung der Szamos bis zur Mündung des Bácser Franzens-Kanales, als auch gegen die Temes, östlich der Theiss-Mündung".

„Am nachhaltigsten ist die Kraft des von Südosten wehenden Windes im Frühjahr beim höchsten und im Herbst beim kleinsten Wasserstande. Die Serben nennen ihn Koschava, die Rumänen Krivatz (der von der Krim herkommende); auch im Lim-Gebiete heisst er so".

Ausser diesem stetigen findet auch gelegentlich ein sprungweises Seitwärtsrücken des Flusses unter Mitwirkung des Windes statt, mittels Durchbruchs der Landzungen zwischen den Flusswindungen, wovon v. Vilovo einige Beispiele durchnimmt. Er fährt dann fort:

„Derselbe Wind übt noch in anderer Weise seine Kraft gegen die Flüsse aus: durch Zufuhren von Sandmengen und Verschütten eines Flussbettes einseitig von der Windseite".

Das sogenannte Baer'sche Gesetz, demzufolge die ablenkende Wirkung der Erdrotation bei den in Meridianrichtung fliessenden Strömen sich durch ein hohes rechtes und ein flaches linkes Ufer bemerkbar machen sollen, erscheint hiernach auf die vorwiegende Windrichtung zurückgeführt.

Der nicht seltene Parallelismus im unteren Laufe eines Nebenflusses mit dem Laufe des Hauptstromes ist von verschiedenen Geographen hervorgehoben worden, und man hat in dieser Beziehung auf die Zuflüsse des Rheins in der oberrheinischen Ebene und auf den Po hingewiesen. Zur Erklärung weisen Reclus und Peschel darauf hin, dass in dem ruhigen Wasser, welches durch den Zusammenstoss der beiden Strömungen sich bilden muss, Ablagerung der Sinkstoffe beider Flüsse eintritt, auf der aufwärts gelegenen Seite der Mündung die Halbinsel zwischen den Flüssen also wächst, während eben dadurch gleichzeitig der Nebenfluss gegen sein anderes Ufer gedrängt

wird, dieses stärker benagt und so die Mündungsstelle stromabwärts verschiebt.

Dies entspricht in manchen Fällen gewiss der Thatsache, allein zu welchen Irrtümern in dieser Beziehung ein Generalisieren und Demonstrieren auf Grund eines Kartenbildes führen kann, zeigt L. Henkel an dem Beispiele der Elbe [1]) und ihrer Nebenflüsse Ohre, Ehle und Sülze. Der Lauf der ersteren von Wollmirstedt bis zu ihrer heutigen Mündung gehörte ursprünglich gar nicht diesem Flusse an, sondern ist ein altes Elbbett. Im frühen Mittelalter lag die Ohremündung bei Wollmirstedt. Später wandte sich der Hauptstrom ostwärts, aber das alte Bett zwischen Magdeburg und Wollmirstedt wird als „kleine Elbe" noch 1617 erwähnt und noch heute vom Schrotebach, der in die Ohre mündet, benutzt. Die Ehle auf der rechten Elbseite ergiesst ihr Wasser oberhalb Biederitz in ein Bett, das als toter Elbarm noch deutlich erkennbar (auch im Namen) ist. Ein weiteres Beispiel gewährt die Sülze, ein Bach, dessen umgebogener Lauf von Salbke bis Buckau ebenfalls in dem Bett eines alten Elbarmes liegt, der noch 1617 vorhanden war. Henkel hat ganz Recht, wenn er für das Umbiegen von Nebenflüssen in paralleler Richtung mit dem Hauptstrom ausser der Reclus-Peschel'schen Erklärung als ebenbürtig auch die Benutzung des alten Bettes eines Hauptstromes durch den Nebenfluss stellt und davor warnt, jene obige Theorie nicht unbesehen nur auf Grund des Kartenbildes anzuwenden.

Das Delta der Newa ist nach den Mitteilungen Venukoff's [2]) von 1743—1889 um 405 *ha* an Grösse gewachsen. Daneben fand allerdings und beständig eine Erhöhung des Bodens durch Aufschüttungs-, Kanalisationsarbeiten u. dergl. statt. Dieser Zuwachs von 405 *ha* ist sehr gering; er erklärt sich aber ohne weiteres daraus, dass die Newa nur wenige Meilen oberhalb ihrer Mündung aus dem Ladogasee austritt, in dem alle Alluvien der Zuflüsse zurückbleiben. Doch ist, geologisch gesprochen, die Zeit nicht mehr fern, wo die Mündung der Newa bis an das Westende von Kotlin-Ostrow, auf welcher Insel Kronstadt liegt, vorgerückt sein wird. Die Vergrösserung des Deltas geht vorzüglich in seinem nördlichen Teile vor sich, wo die grosse und die kleine Newka und die kleine Newa nahe nebeneinander münden. So hat sich Wassilij-Ostrow in jener Zeit um 175, Peterburgskij-Ostrow um 76 *ha* vergrössert. Daneben sind hier auch noch einige kleine Inseln entstanden, so Jadimerovskij-Ostrow mit einer Oberfläche von 11 *ha*. Die Bildung weiter Untiefen von nur 1 *m* über einer Fläche von 1133 *ha* deutet den Umfang der zunächst zu gewärtigenden Verlandung an. Ebenso füllt sich

[1]) Petermann's Mitteil. 1889. p. 176.
[2]) Mitteilungen der geogr. Gesellsch. in Wien 1890. Heft 3. p. 190.

allmählich die ganze Lagune zwischen Kronstadt und Petersburg mit Sand und Schlamm. Im Norden der Lagune wird dieser Prozess noch dadurch gefördert, dass man hier beständig Kiesel und andere Materialien ins Wasser wirft, um die Passage für Kriegsschiffe zu sperren.

Die submarine Fortsetzung des Flussbettes, welche beim Kongo längst bekannt war und zu den verschiedenartigsten Deutungen Veranlassung gab, ist neuerdings auch im Genfersee beim Einflusse der Rhone und im Bodensee beim Rhein erkannt worden [1]). Die vom schweizerischen topographischen Bureau ausgeführten Lotungen haben ergeben, dass sich 6 *km* über der Rhonemündung hinaus eine bis zu 50 *m* tiefe Einsenkung in den Genfersee zieht, und zwar eingefurcht in die Oberfläche des submarinen Anschwemmungsdeltas und mit ziemlich steilen Ufern abfallend. Beim Rheine ist ein ähnliches submarines Bett im Bodensee 4 *km* breit und bis zu 70 *m* tief, bei 600 *m* Breite aufgefunden worden. Für die Rhone hat Forel neuerdings eine Erklärung gegeben, dahin, dass das Rhonewasser, weil schwerer als dasjenige des Genfer Sees, deshalb submarin seinen Lauf in der Richtung des grössten Gefälles noch eine Zeit lang fortsetzen müsse.

Die Entwickelung des Flusssystems der Elbe vor und nach der Eiszeit ist von Dr. E. Mehnert beleuchtet worden [2]). Das Kies- und Schotterlager am Elbthalrande bei Elbleiten, in ca. 290 *m* Seehöhe und ca. 175 *m* über dem heutigen Elbspiegel ist als die höchste nachweisbare Ausfüllungsterrasse der alten Elbe anzusehen. Der Umstand, dass in den Schotterlagern keine nordischen Geschiebe und nur in den obersten Schichten als grosse Seltenheit ganz vereinzelt Feuersteine vorkommen, ferner die Erscheinung, dass auf der Pirnaer Hochebene (ca. 180 *m*) Elbschotter nordische Geschiebe führende Glacialbildungen unterteufen, besonders aber die Thatsache, dass zwischen den Geschieben der Schotterlager und denen der benachbarten Flüsse des Quadersandsteingebietes keine petrographische Übereinstimmung herrscht, wohl aber eine solche mit denen rezenter Elbschotter, lässt darauf schliessen, dass der Durchbruch der böhmischen Elbe in der Praeglacialzeit stattfand. Unter der Annahme eines 290—300 *m* hoch gelegenen Elbbettes ist der Durchbruch der böhmischen Gewässer durch das bis zu 430 *m* (Rosenkamm) ansteigende Quadersandsteinplateau leicht erklärlich, da mehr als 100 *m* tiefe Klüfte, ebenso wie jetzt, sicher auch damals schon vorhanden waren. — Das Vorkommen des Decksandes (als Produkt des abschmelzenden Gletschers aufgefasst) in 120 *m* Seehöhe im Thale unterhalb Pirna und von 150 bis

[1]) Bull. soc. Vaud. sc. nat. **23.** 1887.
[2]) Sitzungsbericht der Isis 1888. Juli — Dezember. p. 30 u. ff.

160 *m* Seehöhe an auf der Hochebene bei dieser Stadt (umgearbeitete Elbschotter bei Kopitz) bezeugt, dass die weite Thalniederung unterhalb Pirna am Ende der Glacialzeit schon vorhanden war, und demnach zwischen dem Strombett unterhalb und oberhalb Pirna ein Niveauunterschied von ungefähr 30 *m* bestehen musste. So wird es auch wahrscheinlich, dass ein rückwärtsschreitender Wasserfall in der postglacialen Epoche die Vertiefung des Stromes bis auf das jetzige Niveau von 110 bis 120 *m* zwischen Pirna und Tetschen bewirkte, welcher der weitere Vertiefungsprozess der Querthäler auf dem Fusse folgte.

Was die Entstehung der um die Elbe und ihre Nebenflüsse gruppierten Hochebenen anbetrifft, so sind diese als Produkte der Erosionswirkung fliessender Gewässer, bez. der Gletscherschmelzwässer anzusehen. Einesteils deuten auf diese Bildungsweise nicht nur der lössartige Lehm, bez. lehmige Lösssand, sondern auch die mit vereinzelten nordischen Geschieben vermengten Flussgerölle hin, welche die Hochebenen bis zu ca. 300 *m* Seehöhe bedecken. Anderenteils lässt die Erscheinung, dass der dortige Sandstein leicht in Platten spaltet, die vom Wasser leicht herausgemeiselt werden, und besonders die Wahrnehmung, dass unter den Schotterlagern (Decksanden) und dem Lösslehm der Quadersandstein aufgeblättert, mürbe geworden oder sogar in Sand zerfallen ist, zuweilen bis zu einer Tiefe von 1 *m* darauf schliessen, dass der Erosionsprozess im Quadersandsteingebiet verhältnismässig schnell fortschritt. Zweifelhaft bleibt nur die Entstehung des meist mit Haidesand bedeckten, bis über 400 *m* Seehöhe ansteigenden Hochplateaus zwischen Elbleiten-Schöna und Tetschen-Bodenbach. Will man dasselbe nicht als eine von dem sich nach S zurückziehenden Meere geschaffene Fläche (Brandungsterrasse) ansehen, die im N noch von den alten Steilufern, den hohen Felswänden zwischen Dittersbach und Herrniskretschen begrenzt ist, so könnte man es als durch Erosionswirkung vordiluvialer Flüsse gebildet betrachten. Der fruchtbare Ackerboden auf den bis 300 *m* Höhe ansteigenden Hochebenen zwischen Elbleiten und Pirna ist demnach ebensowohl das kostbare Geschenk der Elbe und ihrer Nebenflüsse, wie die reiche Hinterlassenschaft des skandinavischen Inlandeises.

Die schwarzen Flusswasser in den äquatorialen Gegenden Südamerikas gehören zu den interessantesten Erscheinungen und sind, trotzdem schon Humboldt sich viel damit beschäftigt hat, noch sehr wenig wissenschaftlich untersucht worden. Dieser beschrieb sie als höchst klar, aber in dicken Schichten braun wie Kaffee, im Schatten schwarz, in einem Glase gelblichbraun. Neuerdings hat V. Marcano solche Wasser in Südamerika angetroffen[1]), und Proben davon sind von

[1]) Compt. rend de l'acad. de Paris **107.** p. 908. 1888.

A. Müntz analysiert worden. Es fand sich, dass sie im Liter 0.028 *g* einer organischen Substanz enthielten, welche fast ausschliesslich aus braunen, unbestimmbaren Säuren bestand, wie sie in den Torfmooren sich bilden. Die saure Reaktion nahm mit der Konzentration zu und war schliesslich auch für den Geschmack erkennbar. Kalk enthielt das Wasser nicht; die Humussubstanz war im freiem Zustande; Nitrate fehlten; die anderen Mineralbestandteile waren sehr spärlich; sie bestanden aus Kieselerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde, Kali und Spuren von Ammoniak. Die Farbe und die Eigenschaften der Wasser erklären sich aus dieser Analyse sehr einfach. Die Farbe wird von den freien Humussäuren herrühren; sie bleibt, weil infolge des Fehlens des Kalkes die Verbrennung der organischen Substanzen trotz der Lüftung nicht stattfinden kann. Die schwarzen Wasser färben die weissen beim Mischen nicht, weil diese Kalk enthalten, der die freie Säure sättigt, so dass die Nitrifikation und Zerstörung der organischen Substanz schnell erfolgen kann. Trotz des Gehaltes an organischer Substanz verdirbt das Wasser nicht wegen seiner sauren Reaktion; dieselbe verhindert auch, dass sich Eisen- und Manganoxyde an den Felsen absetzen, welche sie bespülen, so dass diese sich nicht färben.

Zu den schwarzes Wasser führenden Flüssen gehört vor allem auch der Rio Negro. Dr. Ehrenreich, der ihn vor kurzem besuchte [1]), bemerkt, dass ausserdem eine ganze Anzahl der Zuflüsse des Amazonas, z. B. auch der Tapajoz und verschiedene Beiflüsse des Purus diese Farbe zeigen, nämlich in dicker Schicht tief tintenschwarz, in dünner hellbraun, aber den natürlichen Geschmack des Wassers nicht alterierend. Das Wasser gilt, wie Ehrenreich berichtet, als fiebererregend, hat aber die angenehme Eigenschaft, dass es die Entwickelung lästiger Insekten verhindert. Sämtliche schwarze Flüsse sind frei von Moskitos.

Unterirdische Flussläufe und Höhlen im Karstgebiet. Die Höhlenforschung wird neuerdings besonders im Karstgebiet teilweise im Auftrage der Staatsregierung eifrig betrieben Über die unterirdischen Flussläufe daselbst hat Wilhelm Putick, auf Grund eigener Untersuchungen wiederholt berichtet [2]). Er betont nachdrücklich, dass sehr häufig ein und derselbe Höhlengang nicht durchwegs von solchen Dimensionen ist, dass die darin periodisch durchfliessenden Wässer frei und ungehindert ihren verborgenen Thalweg finden würden. Es sind vielmehr die Verbindungen von ganz enormen Höhlenräumen oftmals kaum auffindbare schmale und niedere Felsenspalten, welche durch ihre geringe Ableitungskapazität den eindringenden

---

[1]) Verhandlgn. der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. **17. Nr. 3.** p. 170 u. ff.

[2]) Mitteil. d. k. k. geogr. Gesellsch. in Wien 1889. p. 57—61.

Hochfluten des angrenzenden Thales bisher unbekannte Wehren gebildet haben. Die nachteiligsten dieser Abflusshindernisse sind wohl jene, welche die Verbindungen aus dem jeweiligen Kesselthale nach den tief unter seinem Niveau gelegenen Höhlenkammern schutthaldenähnlich überlagern.

Wenn diese grossartigen natürlichen Filter, welche in ausgedehnten Flächen zu Tage liegen, auch nur die einzigen Hemmnisse des Wasserabflusses aus den Kesselthälern vorstellen würden, so hätte man entschieden lange schon durch gewisse örtliche Massnahmen, die jedesmal nach grösseren Hochwässern getroffen wurden, neben einer vorteilhaften Wirkung dieser Arbeiten, gleichzeitig eine zutreffende Erklärung der Verhältnisse zustande gebracht. Aber dieses hydrologische Rätsel liegt nicht offen am Thalrande des jeweiligen Kessels, sondern es ist tief im Inneren des unterhöhlten Gebirges zu suchen und auch zumeist nur dort selbst zu finden. Die Schlundhöhlen der Kesselthäler des Karstes, durch welche die Wässer von einer höherliegenden Terrasse zur nächst niederen abzufliessen genötigt sind, bilden ein ganzes System von Hohlräumen, welches wohl zutreffend als ein unterirdisches Reservoirsystem bezeichnet und für die unschädliche Ableitung der Hochwässer aus den Kesselthälern benutzt werden kann.

„Die Entstehungsursache dieses enormen natürlichen Reservoirsystems ist vorwiegend nur auf die verborgenen Erosions- und Korrosionswirkungen der Meteorwässer zurückzuführen. Dieselben haben entschieden alle Höhlungen des Karstes zum Teile unmittelbar durch mechanische, als auch chemische Kräfte und zum Teile mittelbar durch Absitzung und Einstürze hervorgebracht

Die im Niveau tiefstgelegenen, die eigentlichen Wasserhöhlen, darf man sich trotz alledem nicht derart vorstellen, als hätten sie in ihrem ganzen Verlaufe von einem Kesselthale zum anderen überall so geräumige Weitungen, wie man dieselben z. B. im grossen Dom der Adelsberger-Grotte oder am Eingange der Kleinhäusel-Höhle in Planina sehr bequem in Augenschein nehmen kann.

Verfolgt man eine Wasserhöhle nur einige hundert Meter in ihrer weiteren Erstreckung, so gelangt man sehr bald zu der Überzeugung, dass man es eigentlich mit einem durch mannigfache Hindernisse unterbrochenen System von Höhlenkammern zu thun hat. Solche Unterbrechungen bestehen in festen und oftmals sehr mächtigen Scheidewänden, welche je nach dem Wasserstande mehr oder weniger unheimliche, niedere Passagen für die Kahnfahrt aus einer Kammer in die andere gestatten. Nicht jedesmal aber findet man die Durchbruchsstelle dieser Scheidewände, ähnlich einem Felsenthore oder einem freien Durchlasse gleich, über dem Wasserspiegel offen stehend, sondern man findet, was

eben sehr häufig der Fall ist, diese Kommunikation vom Wasser hoch überstaut, wie ein kommunizierendes Rohr oder wie einen Saugheber wirkend, ohne dass mit einfachen Mitteln an die Erweiterung dieser Verbindung geschritten werden könnte. Hin und wieder lagern kolossale Felsabstürze zu förmlichen Trümmerbergen aufgerichtet mitten in dem Höhlenbette des unterirdischen Wasserlaufes. Dieselben sind wohl nur entweder als Einstürze früher dort bestandener Scheidewände zu betrachten, welche nach erfolgter Unterwaschung dem beständigen Anpralle und der riesigen Gewalt der Fluten nicht länger widerstehen konnten, oder sie sind von mächtigen Deckenabstürzen herrührend, wobei in solchen Fällen die Wölbung eine bedeutende Höhe einnimmt. Selbstredend bringen derartig fortgesetzte Revolutionen in der Tiefe eine sich bis zur Oberfläche des betreffenden Gebietes hin geltend machende Veränderung der Gesteinslagerung hervor, welche sich wieder nach der jeweiligen Mächtigkeit und nach der inneren Beschaffenheit der Deckschicht in den oberirdischen Erscheinungen verschieden äussern muss. In erster Reihe entstehen hierdurch Absitzungsspalten, welche im Laufe der Jahrhunderte durch die in denselben nach der Tiefe abfliessenden Meteorwässer eine immer zunehmende Erweiterung und Veränderung erfahren müssen, etwa ähnlich wie die Sohle der Wildbäche anderer Gebirgsformationen.“ W. Putick hat auf seinen unterirdischen Forschungszügen im Karstgebiet eine Anzahl neuer Höhlen entdeckt und benannt, worüber er an der oben genannten Stelle nähere Mitteilungen macht.

Physiographie des Rheines. Die zusammenfassende Darstellung eines grossen Stromgebietes in geologischer, hydrographischer, meteorologischer und wasserwirtschaftlicher Beziehung ist zum ersten Male bezüglich des Rheines geliefert worden. Diese grossartige Arbeit, an der sich eine Anzahl bedeutender Fachmänner beteiligte, wurde vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Grossherzogtum Baden unter Leitung von Honsell herausgegeben[1]), gleichzeitig mit einer dazu gehörigen Stromkarte des Rheines in 16 Blättern. Das Nachfolgende ist eine kurze physiographische Skizze des Rheinstroms auf Grund der Angaben in dem genannten Werke.

Als eigentlicher Quellbach des Rheines wird derjenige angesehen, welcher aus dem 2340 *m* über dem Meere gelegenen Tomasee abströmt und durch zahlreiche Wildbäche verstärkt als stark geschiebeführender Fluss sich mit dem vom Paradies- und Zapportgletscher kommenden Hinterrhein vereinigt. Der fernere Lauf bis zum Bodensee geschieht in einem vorwiegend weiten Thale, dem verlassenen Boden ehemaliger Seen, die nach Durchnagung eines Bergriegels (wo jetzt die Thalenge unterhalb Sargans sich befindet), und nachdem der Bodensee auf sein jetziges Niveau gekommen, verschwunden sind.

[1]) Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. Berlin 1889.

Die Geschiebeführung des Rheins ist in diesem Teile seines Laufes beträchtlich, und unterhalb Montlingen bewegt sich der Fluss auf einer dammartigen Überhöhung, die er sich durch Ablagerung seiner Sinkstoffe und die häufige Zerstörung der Deiche selbst geschaffen hat. Natürlich verursacht die hohe Lage des Flusses Versumpfungen des Thalbodens, denen man durch Entwässerungsanlagen zu begegnen sucht. „Eine eigentümliche Erscheinung in den Rheinniederungen sind die Giessen. Es sind Gewässer, die unterirdisch aus dem Rhein durch ehemalige, längst wieder mit Geröllen, Schieferstaub und Humus ausgefüllte Flussbette in das Binnenland dringen und an zahlreichen Stellen als starke, klare Quellen zu Tage treten, um, nach kurzem Lauf zu grossen Bächen geworden, wieder in den Rhein sich zu ergiessen. Die dadurch und durch das sonstige Druckwasser von dem erhöhten Rheinlauf verursachte Erkältung und Versumpfung des Bodens trägt wesentlich die Schuld an den traurigen Wachstumverhältnissen im St. Gallen'schen Rheinthal".

Alle schweren Geschiebe bleiben im Unterlauf des Rheines liegen, und in den Bodensee gelangen nur Sand und Schlamm. Der Flächeninhalt des Bodensees beträgt nach Messungen in den topographischen Karten der Uferstaaten 528.3 *qkm*, sein Spiegel liegt 395.143 *m* über dem Meere, der Untersee liegt im Mittel nahezu 0.272 *m* niedriger.

Geologisch wie hydrographisch ist der Bodensee als eine im Strombau des Rheines selbständige Erscheinung aufzufassen und durchaus nicht als ein einfach verbreiteter Rheinstrom. Die Wassermenge, welche der Rhein dem Bodensee zuführt, wird bei gewöhnlichem Hochwasser zu 1000—1300, beim bekannten höchsten Wasserstand zu etwa 3000 *cbm* in der Sekunde angenommen. Was dem Bodensee aus den übrigen Zuflüssen zukommt, ist für den Fall häufiger vorkommender starker Niederschläge zu 1800 *cbm*, für ausserordentliche Regenfälle zu 3500 *cbm* in der Sekunde geschätzt und der Zugang durch die auf den Seespiegel selbst niedergehenden Regenmengen für die beiden eben genannten Fälle zu 375 und 687 *cbm* in der Sekunde berechnet Die sekundliche Abflussmenge des Bodensees beträgt beim niedrigsten Wasserstande rund 20 *cbm*, bei Mittelwasserstand 300 *cbm*, beim höchsten Wasserstand 1100 *cbm*.

„In der Gestalt der Ufer und in dem Rande des Seekessels kommt die Entstehung des Beckens durch Einsturz, an dem sich alle auf und über dem Jura abgelagerten Formationen beteiligt haben, deutlich zum Ausdruck. In der grösseren Tiefe ist der Seegrund überall sanft geneigt, die tiefste Stelle ist gemessen zu 276 *m* in der Linie Lindau-Konstanz auf der Höhe von Friedrichshafen; im Untersee zu 47 *m* in der Nähe des linksseitigen Ufers zwischen Berlingen und Steckborn".

Der Bodensee ist der grosse Regulator für die Abgabe der ihm zufliessenden Wassermengen, natürlich muss er, wie jeder Flusssee, durch Aufnahme der Geschiebe und Sinkstoffe allmählich seiner Ausfüllung entgegengehen; allein nach Honsell haben die genauesten Untersuchungen erkennen lassen, „dass seit geschichtlicher Zeit eine irgend erhebliche Einschränkung des Bodenseespiegels nicht stattgefunden hat, auch gegenwärtig nicht vor sich geht und für absehbare Zeiten nicht zu erwarten ist."

Die weite Niederung bei der Rheinmündung in den Bodensee ist eine Deltabildung, aber in geschichtlicher Zeit hat sich dieselbe nicht vergrössert, da sie, heute noch wenig über den Hochwasserspiegel des Sees sich erhebend, mit Ortschaften besetzt ist, die schon in Urkunden des 9. Jahrhunderts genannt sind. Der obere See steht mit dem unteren durch eine stromartige Enge in Verbindung, die alle Eigenschaften eines Flusslaufes mit fester Sohle ohne jede Geschiebeführung hat.

Der Ausfluss des Rheines aus dem Bodensee gestaltet sich bald zu einem geschlossenen Stromlaufe mit durchweg hoch liegendem Uferrand bis in die Nähe von Schaffhausen, wo sich der beginnende Wechsel des Strombaues durch die am rechten Ufer anstehenden Felsen verrät. Bald

ist der Strom in und auf dem Jura gebettet, zwischen und über dessen Felsbänke er schäumend dahineilt, bis zu dem gewaltigen Absturze bei Neuhausen. Bei Schaffhausen ist das Bett durch ein festes Überfallwehr durchquert, eine Gefällsstufe von 1.70 *m* verursachend. Von hier bis zum oberen Rand des Rheinfalles beträgt die Fallhöhe etwa 8 *m*, der ganze Absturz von der Schaffhauser Brücke bis unterhalb des Falles in runder Zahl 30 *m* Unterhalb des Falles bewegt sich der Strom in einer tiefen Erosionsschlucht und beschreibt beim Dorfe Rheinau die schärfst gekrümmte Schlinge seines ganzen Laufes bei nur 80 *m* Flussbreite.

Unterhalb der Aarmündung ist der sehr gewundene Rheinlauf tief in den Thalboden eingefurcht. Vielfach bespült er den Fuss steiler Hochufer, bestehend aus jenen diluvialen Ablagerungen, die hier das Thal mit grosser Mächtigkeit ausgefüllt hatten. „Die Buchtungen der jetzt vielenorts vom Strom verlassenen Hochterrassen geben Zeugnis dafür, wie der Rhein in wechselnder Laufrichtung sein Bett ausgewaschen und mehr und mehr eingetieft hat, bis dem raschen Fortschreiten der Ausschwemmung dadurch Einhalt geschehen ist, dass der Strom stellenweise auf festes Gestein oder auf feste Lagen schwerer Geröllmassen gestossen ist.

Bei Basel tritt der Rhein mit scharfer Biegung nach Norden in die oberrheinische Tiefebene und erscheint bis zum Eintritt in das rheinische Schiefergebirge hydrographisch als einheitliche Stromgestaltung. Diese Ebene war in einer der letzten Epochen der Erdgeschichte sicherlich ein Binnensee. Zuverlässiges und wissenschaftlich Haltbares über die ehemaligen Zustände lässt sich nur an der Hand thatsächlich noch erkennbarer Verhältnisse aussagen, und hier sind es wieder die Ausführungen von Honsell, die uns massgebend erscheinen. Hiernach zeigte der Rhein vor Beginn der Stromkorrektionen in dem Laufe durch die oberrheinische Ebene drei verschiedene Grundrissformen, im oberen Laufe ein Gewirr von Stromarmen und Giessen, Inseln und Kiesgründen, eine Fläche von 1—2 *km* an einigen Stellen noch mehr Breite einnehmend, der mittlere Lauf geschlossen, in vielen Windungen die Niederung durchziehend und im unteren Lauf bei nur sanft gekrümmter Richtung ein breites Bett, grösstenteils gespalten durch langgestreckte, fischförmig gestaltete Inseln. Im fernern ergiebt sich, dass der Stromlauf durch die Rheinebene oberhalb des Kaiserstuhlgebirges als die Zone des Abtrags durch Erosion erscheint; unterhalb des Kaiserstuhles beginnt die Zone des Auftrages durch alluviale Ablagerung; dazwischen liegt eine keinen entschiedenen Veränderungen unterworfene Strecke, die Zone der Nullarbeit des Stromes

Die natürlichen Zustände des Oberrheines waren bis zu Anfang dieses Jahrhunderts für die Anwohner die denkbar verderblichsten „Am meisten empfindlich machten die Übelstände sich damals in der Gegend zwischen Lauterburg und Germersheim geltend, also entlang jener Stromstrecke, in der die von dem oberen Anfang des ehemaligen Seebeckens herabgeschwemmten Geröllmassen das Strombett aufzuschütten begonnen hatten. Fast alljährlich waren die Niederungen mit den Ortschaften durch Hochwasser und infolge von Eisstopfungen überschwemmt; grosse, mit fruchtbarem Boden bedeckte Flächen Landes fielen immer mehr der Versumpfung anheim; die Anwohner litten schwer unter Fieberkrankheiten; der Verkehr mit den Rheinorten zu Wasser und zu Land war überaus erschwert und vielfach gestört; in den scharfen Krümmen riss der Strom fort und fort die Ufer ein, bis er, oftmals plötzlich, die Landzungen durchbrach.

Durch das grosse Werk der Rheinkorrektion, dessen Anfänge bis auf 1817 zurückgehen, und welches erst Mitte der siebziger Jahre als ganz beendigt angesehen werden kann, ist dem Rheine vom Eintritt in die oberrheinische Ebene bis zur Mündung von Murg und Lauter ein künstlicher Lauf geschaffen. In dem ehemals vorhandenen Gewirre von Rinnsalen, Inseln und Kiesbänken ist der Strom durch Leitwerke veranlasst, auch durch energischer eingreifende Abschlüsse gezwungen worden, ein

regelmässiges Bett sich auszuwaschen, und durch befestigte Ufer wird er darin festgehalten.

Was die Wasserstandsbewegung des Rheines von der Aar bis zum Neckar anbelangt, so ist durchschnittlich der niedrigste Stand im Februar, der höchste im Juni.

Über die Wasserführung des Rheines zwischen Aar und Neckar liegen verschiedene Angaben vor, denen zur Folge die sekundliche Durchflussmenge beim niedrigsten Wasserstande zu 330 *cbm* in der Gegend von Basel und gegen die Neckarmündung auf etwa 450 *cbm* anwachsend, bei Mittelwasserstand zu 860 *cbm* bei Basel und zu 1500 *cbm* bei Mannheim anzunehmen ist. Die sekundliche Hochwassermenge mag zwischen 5000 und 6000 *cbm* betragen; eine Zunahme von Basel bis zum Neckar ist nicht nachgewiesen und wegen des Vorauseilens der Flutwellen der Zuflüsse und der Verflachung der Flutwellen im Rheine auch nicht wahrscheinlich.

Was Bewaldung und Anbau in der oberrheinischen Tiefebene anbetrifft, so ist letztere mit ihrem fruchtbaren Schwemmlande als ein gesegneter Landstrich zu bezeichnen. „Diese Niederung ist allerdings zum grossen Teil noch der Überflutung durch die Sommerhochwasser ausgesetzt und hier dem Nieder- und Mittelwald überlassen. Auch binnenwärts der Hochgestade sind die minderwertigen Sandböden von Wald eingenommen, oberhalb der Lauter 30% bis 40% der Fläche bedeckend. Entlang der beiderseitigen Randgebirge in den flachen, muldenartigen Vertiefungen, zu denen auch das Illgebiet gehört, hat sich die Wiesenkultur ausgebreitet. Weiter abwärts gegen den Neckar und den Main nimmt der Ackerbau auf Kosten des Waldes und der Wiesen immer mehr zu."

Im Rheingau flutet der Rhein in mächtiger Breite mit schwachem Gefälle und unter häufiger Inselbildung dahin. „Die Breiten des Mittelwasserspiegels bewegen sich im ungeteilten Strom zwischen 500 und 900 *m*. In den durch Inseln gespaltenen Strecken finden sich, von Ufer zu Ufer gemessen, Breiten von über 1000 *m*. Als Normalbreite für die zur Regelung und Erhaltung der Wasserstrasse errichteten Regulierungswerke sind im ungeteilten Strom 450 *m* angenommen, und dieses Mass ist auch bei der geregelten Ausbildung der Stromspaltungen zu Grunde gelegt.

Bietet der Rhein im Mainzer Becken fast den Anblick eines Sees, so windet er sich zwischen Niederwald und Bingerwald in einem streckenweise schluchtenartig gestalteten Erosionsthale. Zur Förderung des Stromverkehrs sind Aussprengungen in dem als „Binger Loch" bekannten Engpass und anderwärts der hochstreichenden Felsriffe Ausräumungen von Gebirgstrümmern, Durchbaggerungen harter Gründe und Einschränkungs- und Leitwerke zur Ausführung gebracht.

Zwischen Lorchhausen und dem Lorchhäuser Grund durchqueren Steinwälle das Strombett, in dessen Mitte dann bei der Annäherung an Bacharach die Felsgruppe der „Klosterlayen" den Beginn einer dem Durchbruch bei Bingen ähnlichen engen und wilden Stromstrecke bildet In dem harten Gestein ist das Bett vielfach zerrissen, durch hochstreichende Felsrücken schräg durchzogen, auch durch zwei Inselbildungen, gespalten. Die Ufer ziehen sich bei Oberwesel wieder mehr zusammen, und an der weit vorspringenden Felsecke des „Rosssteines" ist der Rhein, in scharfem Knie umbiegend, bis auf 240 *m* eingeengt. Nun folgt der Stromlauf, was bis dahin nicht der Fall ist, dem Streichen des Gebirges und tritt in ein geschlossenes Felsenbett ein, das, zuerst sich ausweitend, beim „Kammereck" abermals Richtungsänderung und Einschnürung erfährt. Riffe und Quarzitbänke ragen allenthalben auf, treten aber zusehends tiefer unter den Wasserspiegel zurück, je mehr das Bett gegen die Lorley (Lurlay) sich verengt. Jäh steigen zu beiden Seiten die Felswände auf, zwischen denen die Erosion des fliessenden Wassers, befördert durch die Wucht des Einstosses, ein gegen 30 *m* tiefes, spaltenartiges Stromgerinne ausgewaschen hat, an der Lorley selbst — bei Niederwasser — nur noch 113 *m* breit. Nach

kurzer beckenartiger Erweiterung, welche eine Spaltung des Bettes veranlasst hat, tritt dem Strom abermals, jetzt zur Linken, ein grosses Riff entgegen.

Die gleichzeitige Einengung des sehr tiefen Bettes setzt sich bis St. Goar fort. Von hier abwärts bis Boppard erheben sich keine Felsen im Rhein; dafür treten das Strombett spaltende und verengende Bänke festgelagerten Gerölles auf. Die Strombreiten in der Strecke von Boppard bis Koblenz wechseln vielfach; sie bewegen sich zwischen 230 und 600 *m*.

Die Stromufer heben sich im allgemeinen steil vom Strombett ab. Der Ufersaum ist schmal, und an vielen Stellen fehlt er ganz, so dass der Raum für Strassen und Eisenbahnen neben dem Rhein den Abhängen durch Einschnitte und Durchtunnelungen hat abgewonnen werden müssen. Auf beträchtliche Erstreckungen sind die Ufer auch künstlich — mauerartig — gebildet oder befestigt. Die Gesteinsmassen der Ufer, dem unteren Devon angehörend, bestehen aus Quarzit und Schiefer. Unterhalb Bacharach zeigen sich an den Gehängen, mehr und minder deutlich, mit Lehm und Schutt bedeckte Terrassenbildungen.

Rechts nimmt der Rhein die Lahn auf, deren Quellen an den südlichen Abhängen des Ederkopfes, beim Forsthause Lahnhof liegen. Links mündet der grösste Nebenfluss des Rheins, die Mosel.

Was die Bewaldung und den Anbau im Rheinthale zwischen Bingen und Koblenz anbelangt, so liefert das Verwitterungsprodukt des Thonschiefers und der Grauwacke einen mageren Lehmboden, der auf den steilen Abfällen eine kärgliche, dürftig bewaldete Decke bildet. An den warmen Hängen des Rheinthals sind vielfach künstliche Terrassen für den Weinbau geschaffen. Die benachbarten Hochflächen des Taunus und des Hunsrück tragen meist Ackerland von geringer Ergiebigkeit; der Boden des Rheinthales selbst ist dagegen — sofern es der schmale Raum neben dem Strome gestattet — gartenbauartig bewirtschaftet, wozu die hier vorhandenen oft mächtigen diluvialen Lösslager einen im hohen Masse ertragsfähigen Boden liefern.

Gegenüber der Moselmündung treten die aus Thonschiefer und Grauwacke bestehenden Ausläufer des Westerwaldes steil abfallend bis hart an den Rhein, gekrönt von der Festung Ehrenbreitstein. Bis unterhalb Vallendar liegt der Strom dem Fuss des Gebirges an, das nun weit nach Osten ausbiegt, um erst gegenüber Andernach wieder an den Rhein heranzutreten. Ebenso halten sich auf dem linken Ufer die Ausläufer der vulkanischen Eifel hier mehr und weniger vom Strom entfernt. Die so zwischen Koblenz und Andernach eingerahmte Niederung wird als Becken von Neuwied bezeichnet, ein ehemaliges Seebecken, das der Rhein in flachen Krümmungen mit ansehnlicher Breite durchzieht, mehrfach gespalten durch Inselbildungen. Auf den Höhen, bis zu 120 *m* über dem Rhein, finden sich Ablagerungen von Stromgeröllen. Zwischen Remagen und Königswinter ist das Thal enger, der Stromlauf wieder mehr gewunden und durch Kiesgründe und Inseln gespalten. Die Breite wechselt; sie beträgt bei Remagen nur 240 *m*, bei Königswinter 340 *m*, in den Spaltungen erheblich mehr. Am Drachenfels, der am weitesten vortretenden Spitze des Siebengebirges, bespült der Rhein letztmals den Bergfuss.

In vorhistorischer Zeit muss die Breite des Rheines und damit seine Wasserführung eine sehr viel erheblichere gewesen sein als heute. Die alten Flussufer bei Bonn lassen erkennen, dass der Strom einst 3500 bis 5000 *m* Breite besass. Auch lassen sich an den Höhen verschiedene Terrassen nachweisen, die darauf deuten, dass der Strom sich nach und nach eingeschnitten hat. Dieser diluviale Rhein lässt sich in seinen Grenzen näherungsweise als dem Überschwemmungsgebiet bei sehr hohen heutigen Wasserständen entsprechend bezeichnen. Die gewaltige Wassermasse des vorhistorischen Rheines deutet auf ganz andere klimatische Zustände als heute. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass jene Wassermassen dem Ab-

schmelzen der Gletscher beim Schlusse der Eiszeit ihr Auftreten verdanken und abnahmen in dem Masse, als die Gletscher schwanden. Die Entstehung des Rheinthals selbst, besonders im Gebirge zwischen Bingen und Koblenz, ist ein schwieriges und durchaus nicht gelöstes Problem der Geologie.

Von Köln ab beginnt der Niederrhein. „Der Fluss zeigt in seinem gewundenen Lauf in breitem Bett zwischen niedrigen Ufern und in seinem schwachen Gefälle überall die Eigenschaften des mächtigen Tieflandstromes, und in der Geschichte der Stromgestaltung spielt nun auch das Deichwesen eine Rolle. Das Strombett ist durchgängig in Alluvialboden, teilweise auch in diluviale Ablagerungen eingetieft. Zahlreiche Spuren verlassener Stromläufe, die sich hier als Brüche und Moore, dort als Lachen oder noch als fliessende Wasser zu erkennen geben, deuten darauf hin, dass in dem Stromland gewaltige Veränderungen in nicht sehr ferner Vergangenheit sich vollzogen haben."

Was die Wasserstandsbewegung im Rheine abwärts der Mosel betrifft, so geht sie entsprechend der Mächtigkeit des Stromes und dem in der Tiefebene schwachen Gefälle ruhiger vor sich als im Mittel- und Oberrhein. „Die verstärkte Wasserzufuhr aus den Alpen ist in den Sommermonaten zwar noch deutlich fühlbar; der Gang der Wasserstandsbewegungen insbesondere in den Extremen steht aber sonst ganz unter dem Einfluss der Wasserlieferung der grossen Zuflüsse des mittleren Stromlaufes, und selbst Ruhr und Lippe zeigen eine merkbare Einwirkung auf die Wasserstände des Rheines. In den Ergebnissen der 36 jährigen Beobachtungsreihe, 1851 bis 1886, tritt der Einfluss der klimatischen Verhältnisse des Hügel- und Tieflandes gegenüber der Wasserlieferung aus den Alpen mehr und mehr hervor: noch bei Koblenz liegt das Höchstmass der Durchschnitte der Monatsmittel, wie am Oberrhein im Juni, bei Köln und von hier abwärts ist es in den Februar und März vorgerückt; ähnliche Verschiebungen zeigen sich in der Bewegung der durchschnittlich niedrigsten und höchsten Monatsstände."

Was die Bodenkultur anbelangt, so herrscht im niederrheinischen Tieflande und den dasselbe umsäumenden Hügelketten der Ackerbau vor, und zunächst dem Strom mit der Annäherung an Niederland tritt jetzt auch die Viehweide in der Niederung auf. Die höheren Teile des Ruhrgebietes sind dagegen dicht bewaldet.

Was die Wasserführung des Rheines quantitativ anbelangt, so liegen hierüber noch keineswegs völlig genügende Beobachtungen vor, denn es ist ebenso unzulässig, aus vereinzelten Wassermengemessungen einen Schluss auf die „mittlere" Wassermenge zu ziehen, wie aus einzelnen Regenmessungen auf die mittlere Regenhöhe eines Ortes zu schliessen. „Mit Hülfe der bei hohen Wasserständen vorgenommenen Messungen berechnet sich die sekundliche Hochwassermenge des Rheines bei Walluf für den höchsten Stand der Hochflut vom Januar 1883 bei 593 *cm* am Mainzer Pegel zu 7300 *cbm*. Zu dieser Zahl verhält sich die sekundliche Niedrigwassermenge vom November 1884 wie 1 : 12. In Koblenz wurde bei einem Pegelstande von 1,53 *m* die Durchflussmenge des Rheinwassers pro Sekunde zu 735 *cbm* bestimmt (am 10. Okt. 1887), bei einem Pegelstande von 3,44 *m* betrug sie ebenda 2127 *cbm* (am 23. Dezbr. 1887) und bei einem Pegelstande von 6,15 *m* war sie dort 4500 *cbm* am 14. März 1888). Lediglich schätzungsweise wird die sekundliche Wassermenge bei aussergewöhnlichen Hochständen, wie im Jahre 1882/83 in der Gegend von Emmerich zu 9000 *cbm* angenommen, eine Zahl, die allem Anscheine nach eher zu hoch als zu niedrig ist und doch weit entfernt bleibt von der Summe der Hochwassermengen nur der grösseren Zuflüsse vom Neckar bis zur Lippe."

Der Neckar führt bei Heidelberg bei Niedrigwasser 32, bei Hochwasser 4800 *cbm*, der Main zu Frankfurt bei Niedrigwasser 33, bei Hochwasser 3400, die Mosel bei Koblenz resp. 51 und 4000, die Ruhr bei Mühlheim 8,6 und 1650, die Lippe bei Wesel 10,6 und 624 *cbm* sekundlich vorüber.

Aus allen diesen Daten aber lässt sich ein Schluss über die mittlere jährliche Wasserführung dieser Flüsse nicht ableiten. Die Wasserstandsbewegung im Rheinstrome ist durchaus keine einheitliche, nur gruppenweise fallen die an den einzelnen Pegelstationen verzeichneten höchsten Wasserstände zusammen, und nachdrücklich betont Honsell: „Dass man in einer Hochflut des unteren Stromlaufes die Summe der Flutwellen aller Zuflüsse von den Quellengebieten herab zu erkennen habe — diese Anschauung, der man nicht selten begegnet, beruht sonach auf grossem Irrtum. Eine solche Vereinigung der einzelnen Flutwellen zu einer einzigen Hochflut hat, soweit die Kenntnis reicht, niemals stattgefunden, und wie überall, wo es sich um die Verfolgung physischer Vorgänge handelt, muss angenommen werden, dass, was zu keiner Zeit dagewesen, auch für die Folge nicht zu erwarten ist; aus dem Geschehenen allein kann das Gesetzmässige im Wasserhaushalt abgeleitet werden. Es ist auch gut so, denn gleichzeitiges Zusammenlaufen der Hochwasserwellen aller Quell- und Zuflüsse müsste Hochfluten im Strom erzeugen, durch die alle Kultur an seinen Ufern und weithin in den Niederungen völlig vernichtet würde."

Der Flächeninhalt des Rheingebietes von den Quellen bis zum Anfangspunkt des Mündungsdeltas (einige Kilometer jenseits der deutschen Grenze) beträgt 159540 *qkm*. Bis zur Mündung in die Nordsee sind noch 64850 *qkm* hinzuzurechnen, so das also das gesamte Rheingebiet 224400 *qkm* umfasst. Die Stromentwickelung des Rheines beträgt von den Quellen bis zur Reichsgrenze 1052 *km*, bis zur Mündung 1360 *km*.

10. Seen.

Die Entstehung der Seen und Wasserläufe des norddeutschen Diluvialgebietes ist auf Grund eingehender Detailstudien in wirklich wissenschaftlicher Weise zuerst von Professor F. E. Geinitz studiert worden[1]. Er findet den Ausgangspunkt zum Verständnis dieser Formen in den Zuständen der baltischen Länder am Schlusse der diluvialen Eiszeit. Man darf wohl mit voller Entschiedenheit behaupten, dass ohne Voraussetzung dieser Eiszeit die heutige Plastik der norddeutschen Ebene völlig unverständlich bleiben müsste. Durch die Thätigkeit des Gletschers, der von Skandinavien her zur Diluvialzeit Norddeutschland nebst dem von der heutigen Ostsee eingenommenen Vorland als Inlandeis ein- oder mehrmal überzog, wurde die damalige Oberfläche mit einer oft ungemein mächtigen Hülle von „Diluvialablagerungen" beschüttet, nämlich im wesentlichen Geschiebemergel, Sanden und Thonen, deren Gesteinsmaterial teils den nordischen Distrikten, teils dem vom Gletscher überschrittenen deutschen Boden entnommen wurde. Das Gletschereis selbst störte vielfach den von ihm bedeckten Untergrund, vertauschte und verstürzte, zertrümmerte und zernagte die Schichten, welche seinem vor- und seitwärts drängenden Druck nicht genügend Widerstand leisten konnten. Noch gewaltiger aber wirkte das Wasser, welches bei dem vielfachen, durch ein teilweises Abschmelzen bedingten Vor- und Rückwärtsschreiten des Gletschereises in grosser Fülle geliefert wurde, und welches ja als ein steter und reichlich vorhandener

[1] Geinitz, Die Seen, Moore und Flussläufe Mecklenburgs. Güstrow 1886.

Begleiter eines jeden Gletschers zu bezeichnen ist. Der Thätigkeit dieses in und unter dem Gletscher stets vorhandenen Wassers verdanken die meisten diluvialen Sande, Kiese und Thone als die natürlichen Aufschlämmprodukte der Grundmoräne ihren Absatz, auch ein grosser Teil der sogenannten glacialen Erosion ist auf die Arbeit dieser Schmelzwässer zurück zu führen. Als der skandinavische Gletscher sich nach Norden zurückzog, dadurch, dass nach und nach seine südlichen Ränder immer weiter abschmolzen, auch gleichzeitig durch stärkere Oberflächenabschmelzung der Gletscher in seiner gesamten Erstreckung an Mächtigkeit verlor (was natürlich nicht mit einem Male geschah, sondern mit mehrfachen Unterbrechungen): wurden natürlich die Abschmelzwässer ungemein vermehrt, und es mussten alle Erosionserscheinungen in verstärktem Masse eintreten: es wurde in dieser „Abschmelzperiode" das ganze von dem schwindenden Eis bedeckte oder schon von ihm verlassene Territorium gewissermassen der verhältnismässig plötzlichen Erosions- und Denudations-Einwirkung von Stromschnellen und Wasserfällen ausgesetzt. Und dieser Thätigkeit der Abschmelzwässer verdanken sowohl die breiten, meist von tiefen Alluvialmassen erfüllten Flussthäler und viele der Seen, welche Überreste solcher Ströme sind, als auch die isolierten oder durch späteren, unverhältnismässig kleinen Abfluss entwässerten Seen, Teiche, Sümpfe, Torfmoore, Kessel und Sölle in dem Diluvialgebiet Norddeutschlands ihren Ursprung. Dagegen ist hier eine Erosion durch Gletschereis kaum nachweisbar. Die Produkte der erwähnten Erosion und Denudation des Diluvialplateaus sind die folgenden:

1. Sölle: Besonders häufig im Gebiete des sogenannten oberen Geschiebemergels, der Grundmoräne des sich zurückziehenden Gletschers, treten als eine für ganz Norddeutschland charakteristische Oberflächenerscheinung in grösster Menge zu Tausenden, die meist kleinen, kreisrunden, trichterförmigen und verschieden tiefen (oft bis 10 *m*) Löcher mit steilen Rändern auf, die zisternenartig meist das ganze Jahr über bis an den Rand mit Wasser erfüllt sind, aber keinen natürlichen Oberflächen-Zu- und -Abfluss besitzen. Diese „Sölle", in manchen Gegenden auch Pfuhle, Pöhle genannt, sind analog den „Riesentöpfen" Strudellöcher, welche das Schmelzwasser des Gletschers in dem Untergrunde aufwühlte, teils noch unter dem Gletscher durch „Gletschermühlen" durch das Wasser, welches von der Oberfläche des Eises in Spalten herabstürzte, teils auf dem vom Eise eben befreiten Boden durch sprudelnde Wässer der „Abschmelzstromschnellen". Die Sölle finden sich ebenso auf dem ebenen Plateau, wie in der hügeligen Moränenlandschaft. In welcher enormen Fülle dieselben vorkommen, zeigt eine Zählung der auf den Generalstabskarten verzeichneten Sölle; auf Messtischblatt Rostock liegen z. B. in dem Raume von nicht ganz $2^1/_4$ Quadratmeilen 760 Sölle, auf Blatt Kirch-Mulsow 550.

2. Isolierte Kessel und flachere Depressionen: Auf dieselbe Art wie die Sölle sind die tiefen Kessel und flachen Depressionen von grösserem Umfange und häufig nicht mehr kreisrunder Begrenzung entstanden, welche ebenfalls in sehr grosser Anzahl das Diluvialplateau unterbrechen. Alle möglichen Übergänge verbinden sie der Form und Grösse nach mit den Söllen, wie auch ein Blick auf die Messtischblätter der neuen Generalstabskarte leicht lehrt. Bei ihrer Bildung war reichlicheres Wasser vorhanden, als bei der Bildung der eigentlichen Strudellöcher, dasselbe konzentrierte sich demgemäss nicht auf einen punktartigen Raum, sondern arbeitete einen grösseren Fleck aus. Man könnte hierbei zwei Formen unterscheiden: die Kessel, Kesselseen, mit meist steilen, oft fast senkrechten Uferrändern und beträchtlicher Tiefe, und die flachen Bodendepressionen. Beide Formen haben indes gemeinsamen Ursprung und zeigen Übergänge in einander. Charakteristisch für beide ist noch, dass sie ringsum abgeschlossen sind, keinen natürlichen Oberflächen-Zu- und -Abfluss besitzen. Sie sind teils mit Wasser erfüllt und bilden Seen, Teiche und Sümpfe, teils vertorft, isolierte Torfmoore eingesenkt. Eine grosse Anzahl der grossen Seen, die in die eigentliche Seenplatte eingesenkt sind, gehört zu diesem Typus. Gegenüber diesen beiden Formen der Bodenmodellierung, deren Produkte isolierte Aufwühlungen sind, stehen diejenigen, welche dem Wasser einen sichtbaren Abfluss gewährten, die man im allgemeinen als die alten Thalläufe bezeichnen kann, gleichviel ob sie jetzt noch vom Wasser erfüllt sind oder Alluvialbildungen als dessen Überreste führen oder nur in der Bodenkonfiguration sich noch verraten. Man kann auch hier einige Unterschiede machen, natürlich aber dabei auch Übergänge beobachten.

3. Thaldepressionen: Die häufigste Form ist eine ganz flache, zuweilen auch deutlicher sich abhebende Einsenkung des Bodens. Oft nur bei aufmerksamer Beobachtung in der Landschaft oder auf den grossen Kartenblättern durch die rücklaufenden Höhenkurven zu erkennen, sind diese Thaldepressionen meist nur im Diluvialboden eingesenkt, ohne wesentliche Alluvialbildungen, und zeigen höchstens die als „Abschlämmmassen“ zu benennenden oberflächlichen Umarbeitungsprodukte der Diluvialabsätze. Selten behalten diese Thalniederungen in ihrem Verlaufe ihre gleichmässige Breite, sondern verengern sich oft zu der unter Nr. 5 bezeichneten Erosionsform; die Thaldepression stellt alsdann den „Thalbeginn“ dar. In solchen Anfangsdepressionen liegen oft in den Mooren, die in der Lüneburger Heide als „Spring“ bezeichnet werden, die Quellen der heutigen Bäche. Häufig liegen auch in ihren oberen Regionen reihenförmig hinter einander einige Sölle, doch so, dass die Depression nicht als eigentlicher Abfluss derselben gelten kann, sondern als flacher, nur einmal benutzter Weg des über den Kesselrand abfliessenden Wassers. Sehr ein-

leuchtend ist dieser Zusammenhang: Das Strudelwasser, welches die Sölle aufarbeitete, war so reichlich vorhanden, dass es gleichzeitig auf der Plateaufläche einen Abfluss über die Ränder der aufgearbeiteten Strudellöcher hinweg suchen und sich so, der jeweiligen allgemeinen Neigung des Bodens folgend, eine breite, flache Depression schaffen musste. Auf diesen Umstand macht schon Berendt aufmerksam.

4. Kurze Seitenkessel oder Cirken: Ohne weiteres erklären sich ebenfalls als Bildungen durch von oben her wirkendes Wasser die kurzen, oft nur amphitheatralisch oder kesselförmig gestalteten Seitenschluchten zu Erosionsthälern, in welchen wegen der raschen Bildung nur „Abschlämmmassen“ zu finden sind, oder bei Stauung durch das Hauptthal auch Moorerde oder Torf. Gegenwärtig sind solche Seitenkessel häufig Quellgebiete. Diese vier Bodenumformungen wurden also durch sprudelnde, stromschnellenartig in vertikaler Richtung arbeitende Erosion bewirkt. Ich bezeichne diese Art der Erosion, die durch sprudelnde Wässer (vortex-Strudel) im Gegensatz zum fliessenden, horizontal wirkenden Wasser bewirkt wird, als „Erosion“.

5. Erosionsthäler mit steileren Ufern: Waren an einer Stelle reichlichere und andauerndere Gewässer vorhanden, so bahnten sich dieselben einen Weg durch ein tiefes Erosionsthal, welches genau dieselben mannigfachen Erscheinungen zeigt, wie in den Mittelgebirgsgegenden der älteren Formationen. Die fünf unterschiedenen Typen von Erosionsformen haben dieselbe Entstehung und unterscheiden sich in dieser Beziehung nur durch die verschieden lange und kräftige Einwirkung der Gewässer. Infolge dessen müssen auch alle fünf Typen vielfache Übergänge zu einander zeigen, so dass sie in Wahrheit eine zusammenhängende Reihe von Bodenformen darstellen, eine zuerst von Berendt erkannte Thatsache, der auch Klockmann in den Worten Ausdruck verleiht: „Sölle, Rinnen und Seen sind nur dem Grade nach unterschieden“. Aus einer von Prof. Geinitz gegebenen Zusammenstellung findet sich, dass die Erosion durchschnittlich 20 bis 40, seltener bis 80 *m* betragen hat. „Da“, sagt Prof. Geinitz, „die Abschmelzwässer das Diluvialplateau oder die Höhenrücken an vielen Stellen gleichzeitig bearbeiteten, so mussten sehr viele der unterschiedenen Bodendepressionen in nahe Nachbarschaft zu liegen kommen. Dadurch konnten sich Wasserscheiden der verschiedensten Art herausbilden. Vielfach kamen dieselben in unmittelbarer Nachbarschaft, oft auch in fast entgegengesetzter Richtung zu liegen — alles Verhältnisse, die eben nur so zu erklären sind, dass die Bodenerosion durch plötzliches, von oben auf den Boden einwirkendes Wasser (Abschmelzwasser) hervorgerufen worden ist. Durch spätere Ausdehnung der Niederungen nach rückwärts war die Möglichkeit gegeben, dass die Wasserscheiden vernichtet wurden, und aus zwei früher entgegengesetzt gerichteten Wasser-

läufen ein einziger entstand. Vielfach sind diese Wasserscheiden, die oft in sehr niedrigem Terrain liegen oder durch sehr flache Diluvialrücken von einander getrennt sind, jetzt künstlich von Gräben durchstochen, um isolierten, höher gelegenen Depressionen Abfluss zu verschaffen, und so sind oft künstlich die alten Wasserläufe wieder hergestellt, freilich nur mit spärlichen Wasserfäden durchzogen, welche einst isolierte Kessel überflutet haben mochten, oder anderseits zwei ursprünglich in entgegengesetzter Richtung abfallende Thalläufe zu einem einseitigen Abfluss umgeändert. Eine Folge des Umstandes, dass die Erosion des Bodens an sehr zahlreichen Punkten in unmittelbarer Nachbarschaft gleichzeitig erfolgte, ist das vielfach gänzlich von einander unabhängige Auftreten von Thälern oder von Kesseln und Wannen in dichtester Nähe. Endlich hängt noch hiermit zusammen der mannigfach in Erhöhungen und lochartigen Vertiefungen abwechselnde, unebene Boden vieler grösseren Seen. Viele der von einer einheitlichen Wasserfläche bedeckten oder von Inseln, Halbinseln und Untiefen unterbrochenen Seen sind dadurch entstanden, dass mehrere, an sich isoliert im Boden eingearbeitete Depressionen eben durch ihr nahes Zusammenliegen zu einem Ganzen verschmolzen sind. Durch spätere Erniedrigung seines Wasserspiegels wird dann wieder umgekehrt aus einem solchen, oft vielzipfelig gestalteten See ein kleineres Becken mit nur noch durch Moorniederungen mit ihm zusammenhängende „Exklaven". Die Entstehung der Inseln in unseren norddeutschen Seen muss auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. In einigen Fällen sind plötzliche Aufquetschungen des Seebodens über die Wasserfläche beobachtet worden; die entstandenen Inseln blieben bestehen oder versanken wieder. Sie bestanden aus Torf und Moorboden, ihr Empordringen, ähnlich einer Blase, wurde als Emportreibung des Moorbodens durch sich entwickelnde Gase erklärt. Andere, besonders kleine und flache Inseln mögen ihre Entstehung einem Seitendruck verdanken, welcher den weichen Seeboden in die Höhe getrieben hat, ähnlich wie der Erddruck einer Dammschüttung oft in Mooren oder Seen den Boden seitlich aufquellen lässt. Die Hauptmenge der Inseln aber, der zahllosen „Werder" in den Seen, die aus Diluvium bestehen, von derselben Zusammensetzung und Lagerung wie das randliche Plateau, sind ebenso wie die ihrer Natur und Bildung nach mit ihnen identischen „Woorthe" in den Alluvialwiesen, Reste des Nachbarplateaus, welche von der Evorsion und Erosion des Bodens verschont geblieben sind; oft haben sie dieselbe Höhe wie das Nachbarplateau, oft sind sie auch mehr oder weniger ablatiert. Gerade das Vorhandensein der Inseln und Halbinseln, die in der grössten Mannigfaltigkeit ordnungslos eine Depression durchqueren und sie in mehrere selbständige Teile abschnüren, unter einander und mit dem Plateaustreifen oft durch Untiefen verbunden, ist ein kräftiger Beweis für die Er-

klärung der Depression hauptsächlich durch vertikal wirkende Evorsion und nicht durch horizontal wirkende Erosion. Dieselbe Erscheinung wie am Boden der Seen findet sich auch oft in den gegenwärtig von Alluvialmassen, besonders Torfwiesen, erfüllten Depressionen; hier wird nämlich sehr häufig die einheitliche, ebene Wiesenfläche von inselförmig hoch oder niedrig aufragenden Kuppen unterbrochen, welche nicht aus Alluvium, sondern aus Diluvialmassen bestehen, und die sich als stehen gebliebene Reste des nachbarlichen Diluvialplateaus ebenso wie die gleich beschaffenen Halbinseln und Zungen zu erkennen geben."

Im Gegensatz zu Geinitz kommt A. Jentzsch bezüglich der Seen und Seenthäler Ostpreussens zu dem Ergebnisse, dass dieselben auf Grabenversenkungen des Untergrundes mit nachfolgender Erosion zurückzuführen seien[1]). Es kann durchaus nicht in Abrede gestellt werden, dass auch dieses Moment in Wirksamkeit getreten sein mag, ebensowenig, wie nach Wahnschaffe auf dem baltischen Landrücken auch echte Moränenseen anzutreffen sind[2]), und manche mit Torf gefüllte Einsenkungen in dem tieferen Teile der Oberfläche des Geschiebemergels ursprüngliche Depressionen der Grundmoräne und erloschene Moränenseen sein mögen; doch sind im ganzen diese Bildungen nur verhältnismässig selten.

Mit Rücksicht auf die Art und Weise ihrer Entstehung giebt Prof. Geinitz folgende Klassifikation der Binnenseen:

1. Seen, welche eine Wasserfüllung schon vorhandener Bodenpressionen, die nicht Erosionsformen sind, darstellen. Man könnte sie als die Gruppe der „Senkungsseen" bezeichnen. a. Solche Depressionen können muldenförmige Gebirgsfalten, Einsturzareale (Pingen) oder Krater sein (Falten- [Mulden-] Seen, Pingenseen, Kraterseen, z. B. Kölpin, Salzsee, Totes Meer, Probst Jesarer See, Eisfelder See, Laacher See). Die Einsturzlöcher sind meist klein; die alte Anschauung, dass unsere Seen meistens durch Einstürze gebildet seien, ist ein mit der Katastrophentheorie überwundener Standpunkt b. Die Depressionen können durch allgemeine säkulare Landsenkung unter den Meeresspiegel gelangen und von Meer- oder Brackwasser erfüllt werden (z. B. Strandseen der Ostseeküste, durch Dünen abgeschnittene selbständige Binnenseen oder Mündungstrichter, nicht „Exklaven" des Ozeans, sondern erst durch Senkung in das Bereich des Meeres gelangt, mit Einwandern mariner Formen, nicht Relikten). — 2. Seen, durch säkulare Hebung vom Meere abgetrennt = „Reliktenseen". — 3. Seen, gebildet durch Absperrung eines Erosionsthales oder durch Zusammentreffen zweier Flussläufe in einer Niederung = „Stauseen". a. Das Thal ist durch die Moräne eines querverlaufenden Thales abgesperrt; b, durch Gletschereis eines Querthales. a. und b. sind „Querstau-

[1]) Schriften d. naturforsch. Gesellsch. zu Danzig 1888. 7. p. 167.
[2]) Jahrbuch der Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt 1887. p. 363.

seen". Das Thal wird innerhalb seiner Erstreckung abgesperrt („Längsstau") durch c selbständigen Alluvialzuwachs, seitliche Zuschüttung u. dergl. = „Flussseen". d. Eine vordere Endmoräne = Moränenseen im engeren Sinn. — 4. Seen mit mehr oder weniger isolierter Bodenaustiefung, die nicht einem längeren, echten Stromlauf angehört; Bodenevorsion, durch vertikal wirkende Kräfte verursacht = „Evorsionsseen". a. Durch Eiserosion gebildet = „Gletscherseen im engeren Sinn"; b. durch strudelnde Wässer = eigentliche Evorsionsseen, „Kesselseen", „Wannenseen", kombinierte Kessel u a. Damit sind in der That die Bildungsmöglichkeiten der Seen so gut wie erschöpft, und man erkennt, dass manche Seen die Kombination mehrerer Typen darstellen, und ebenso, dass mehrere Typen im gleichen Gebiete neben einander auftreten können und werden.

Der Genfer See, seit vielen Jahren ein Hauptarbeitsfeld von F. A. Forel, ist von diesem bezüglich seines Ursprungs als Erosionssee erkannt worden[1]). In Übereinstimmung mit L. Rütimeyer glaubt Prof. Forel, dass die Aushöhlung des Rhonethales, besonders die Schlucht des Unteren Wallis von Martigny bis zum See, ein Ergebnis des fliessenden Wassers sei. In einer früheren Epoche der Erdbildung sind nach Forel die Zentralalpen 500 *m* höher gewesen wie heute, und die grossen Thäler, die sich damals bildeten, reichten bis zum Boden der grössten subalpinen Seen. Der Genfer See hat damals das Thal des Wallis bis Sieders ausgefüllt und vielleicht bis Brieg. Dann wäre dieser in eine Reihe von Seen aufgelöst worden, die zurückgehalten wurden durch die alluvialen Barren der Gebirgsströme des Illgraben und Bois-Noir. Diese Seen sind nach einander ausgefüllt worden durch die Anschwemmung der Rhone und ihrer Nebenflüsse, und der jetzige Genfer See ist endlich der letzte Rest dieses Ausfüllungsvorganges. Die Lage des Endpunktes des Genfer Sees ist nach Forel fixiert worden durch barrenbildende Anschwemmung der Arne nach Art der gleichartigen Barren, die man am Ausflusse aller subalpinen Seen des Nordabhanges der Alpen antrifft. Was das komplizierte Relief des Kleinen Sees betrifft, der aus einer Reihe von wenig tiefen Becken besteht, die durch wenig vorspringende Barren getrennt sind, so schreibt Forel dasselbe den Gletschermoränen zu, welche während des Rückganges des grossen Rhonegletschers in diesem Teile des Thales abgelagert wurden. Was das Volum des Genfer Sees anbelangt, so beträgt es sehr nahe 90000 Millionen Kubikmeter bei einer Oberfläche von 578 *qkm*. Die Wasserzufuhr der Rhone schwankt zwischen 180 und 200 *cbm* pro Sekunde, so dass dieser Fluss 15 Jahre gebrauchen würde, um das Seebassin zu füllen. Die Zufuhr an Sedimenten ist im Juli am grössten, im Dezember

[1]) Archives des sciences physiques et naturelles [3.] **23.** p. 184. 1890.

am geringsten und beträgt im Jahresmittel 168 *kg* pro Sekunde, also 5297000 *t* im Jahre, bei einem spezifischen Gewicht von etwa 2.6, was ein Volum an fester Substanz von 2038000 *cbm* ergiebt. Der See würde also in 45000 Jahren ausgefüllt sein müssen, umgekehrt aber kann man auf Grund derselben Daten schliessen, dass das System Rhone-Genfersee noch nicht sehr alt sein kann, da sonst der See längst ausgefüllt wäre.

Über die topographischen Verhältnisse und den Zu- und Abfluss des Chiemsees verbreitete sich E. Bayberger[1]). Die Oberfläche seines Wasserspiegels ist sehr veränderlich und hängt in hohem Grade von den alpinen Einflüssen ab. Bei Niedrigwasser umfasst sie 8080, bei Hochwasser 9500 *ha.* In vorgeschichtlicher Zeit hatte der See ein bedeutend höheres Niveau, nach dem Rückzuge der diluvialen Gletscher stand es vielleicht 100 *m* höher als jetzt[2]), später sank der Seespiegel und nahm einen stabilen Charakter an, dann stieg er dagegen wieder bei gleichbleibender Wassermenge, indem die Arthne fortwährend Schlamm und Sand herbeiführte und den Seeboden erhöhte. Nach den Messungen von E. Bayberger ist die grösste Tiefe des Sees 73.6 *m*, und das Gesamtvolum berechnet derselbe auf 2204427000 *cbm*, die durchschnittliche Tiefe auf 24.5 *m*.

„Diese für den grössten See Bayerns so geringe mittlere Tiefe lässt es uns auch erklärlich erscheinen, dass der Chiemsee nicht, wie zu erwarten wäre, dass grösste Wasservolum besitzt, sondern in dieser Hinsicht von dem viel kleineren Starnberger See übertroffen wird. Immerhin aber ist die Wassermasse eine ganz immense, und man kann sich von der Grösse derselben annähernd eine Vorstellung machen, wenn man beispielsweise berechnet, wie lange München aus dem Chiemsee mit Wasser versorgt werden könnte. Da man für München bei Anrechnung aller Bedürfnisse das durchschnittliche disponible Wasserquantum pro Kopf und Tag auf 150 *l* normiert, so würde der Chiemsee, diese Stadt bei 260000 Einwohnern 154 Jahre lang mit Wasser versehen. Denken wir uns das ganze Becken entleert, so hätten alle Zuflüsse des Chiemsees 1 Jahr 177 Tage zu fliessen, um ihn wieder zu füllen. Das Gewicht der ganzen Wassermasse stellt sich, da das spezifische Gewicht des Chiemseewassers, das Herr Rektor Dr. Heut in Passau mit Westphal'scher Wage und Reimann'schem Senkkörper zu bestimmen die Freundlichkeit hatte, bei 15° C. 1.0025 beträgt, auf 2209937633 *t*, und wenn man die Tragkraft eines Güterwagens mit 10 *t* annimmt und 50 Wagen einen Eisenbahnzug bilden lässt, so wären 4419875 Eisenbahnzüge nötig, um die ganze Wassermasse fortzuschaffen. Denkt man sich diese Eisenbahnzüge an einander gereiht, so würden dieselben 38mal die ganze Erde umspannen."

Bezüglich der Entstehung des Chiemsees kommt E. Bayberger zu der Überzeugung[3]), dass das Becken des Sees durch Gletschereis erodiert worden sei, dass also für ihn dieselben Entstehungsweisen gelten, welche Penck für die grossen bayerischen

---

[1]) Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1888. p. 1 u ff.

[2]) Dr. Bayberger, Der Inngletscher. (Petermann's Mitteilungen, Ergänzungsband **15.** p. 70.)

[3]) Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1889. p. 50.

Seen mit Ausnahme des Königssees nachgewiesen hat [1]. Der Chiemsee liegt nach E. Bayberger im Wege eines diluvialen Gletschers. Dieser Weg zeigt von Anfang bis zum Ende alle Gletscherspuren. Diese verleihen dem Chiemsee ein selbständiges, geologisches Gepräge. Der 600 *m* mächtige Gletscher war im stande, mit seiner Grundmoräne die weiche Süsswassermolasse auf 103 *m* Tiefe auszufurchen. Er schuf zunächst ein Doppelbecken, eine grosse, regelmässige Ostmulde und beeinflusste durch den Inngletscher ein kleines unregelmässiges Westbecken. Über die weiteren Umgestaltungen verbreitet sich der Verf. eingehend und kommt zu dem Schlusse, dass der Chiemsee nach etwa 14000 Jahren vollständig verschwunden sein wird. Er bildet wie das ganze Seenphänomen der Erde nur einen vorübergehenden Schmuck der Landschaft, allerdings doch Völker und Staaten überdauernd.

Die Seen der hohen Tatra bilden eine ganz eigentümliche Klasse von kleinen Gebirgsseen, die dem ungarischen Hochgebirge einen hohen landschaftlichen Reiz gewähren Von hohen, steilen Felsen umrahmt, entsprechen die kleinen, klaren Wasserspiegel diese zahlreichen Tümpel sehr gut der Bezeichnung „Meerauge". Die Becken dieser Seen sind nach S. Roth [2] entweder im anstossenden Gestein ausgehöhlt, also erodiert, oder sie sind, durch Schutt und Geröll gebildet, Produkte der zurückweichenden Gletscher. Im allgemeinen sind diese letzteren Moränenseen jüngeren Alters wie die Erosionsseen. Gegenwärtig kennt man 115 dieser kleinen Becken, von denen 78 auf der Süd- und 37 auf der Nordseite liegen. Die Namen der einzelnen Seen entstammen meist einer besonderen Eigentümlichkeit derselben, so dass manche, die keine auffallende Eigenschaft besitzen, namenlos sind. In den meisten Fällen erhielt der See von der Farbe seines Wassers den Namen, und da mehrere Seen gleiche Farbe haben, stimmt auch ihr Name überein. „So giebt es fünf Grüne, vier Schwarze, zwei Blaue, zwei Rote, einen Gelben und einen Weissen See. Mehrere Seen, die den grössten Teil des Jahres hindurch mit Eis und Schnee bedeckt sind, heissen Gefrorener oder Eis-See. Einige Seen wurden nach ihrer Gestalt benannt, z. B. der Trichter-See, die drei Langen-Seen u. s. w. Manche Seen erhielten von dem Thal, in welchem sie sich befinden, andere von der Gruppierung (fünf Seen) und wieder andere von der gegenseitigen Lage (vordere, hintere) ihre Namen. Mehrere Seen führen den Namen Frosch- oder Kröten-See, welche Bezeichnung wahrscheinlich von den in manchen Karpathen-Sagen eine grosse Rolle spielenden Fröschen stammt. Der Fisch-See erhielt seinen Namen von den zahlreich darin vorkommenden Forellen. Einige

---

[1] Penck, Vergletscherung der deutschen Alpen.
[2] Mitteilungen der geogr. Gesellschaft in Wien 1888. p. 199.

Namen sind neueren Datums, Wahlenberg-See, Stille-See, Szentiványi-See etc. Einige Seen führen mehrere Namen, so heisst der Popper-See auch Mengsdorfer See, und die Polen nennen ihn Kleinen Fisch-See. Der Fisch-See führt bei den Polen den Namen Meerauge und das Meerauge Schwarzer-See. „Die Farbe der Seen wurde bisher noch nicht genügend gewürdigt; zumeist begnügte man sich, irgend eine vorherrschende oder am meisten ins Auge fallende Farbennuance als die Farbe des Sees anzugeben, Untersuchungen über die Ursache der verschiedenen Farben wurden bisher überhaupt noch nicht angestellt. Wir sind in dieser Hinsicht ausschliesslich auf jene Resultate angewiesen, die Bunsen Beetz, Wittenstein und Spring an den Tag förderten. Auch bezüglich der Durchsichtigkeit des Seewassers besitzen wir nur sehr wenige Daten. Dzierwulszky erwähnt im Jahrbuche des galizischen Tátra-Vereines (IV. Jahrg., p. 122), dass er im Fisch-See bei klarem Himmel noch in einer Tiefe von 15 *m* das Senkblei sah, während es bei trübem Wetter nur bis zu einer Tiefe von 10 *m* zu sehen war. Im Meerauge konnte er das Senkblei selbst an den hellsten Tagen bloss bis zu einer Tiefe von 10 *m* beobachten". (V. Bd., p. 41). Nicht viel günstiger stehen die Verhältnisse in Bezug auf die Temperatur der Seen. Einige Seen sind den grössten Teil des Jahres hindurch mit Eis bedeckt, ja es giebt sogar manche, deren Eiskruste nur in besonders günstigen Sommern schmilzt. In den Wintermonaten ist jeder Tátra-See zugefroren, und die seichteren Seen erstarren bis auf den Grund. Nach den Beobachtungen E. Blasy's war der Grüne See des Weiss-Wasserthales im Winter 1845—46 gänzlich zugefroren, die Eisdecke zeigte im östlichen Drittel eine muldenförmige Einsenkung, und an der tiefsten Stelle der Eisrinde war ein 5—6 *qm* grosser, deutlich begrenzter, seichter Wassertümpel zu sehen. Die kristallreine, 35—40 *cm* dicke Eisdecke war von 4—5 *cm* weiten Sprüngen durchzogen. In demselben Winter, nur etwas später, jagte Blasy in der Umgebung des Steinbach-Sees. Auch hier fand er die Eisdecke zersprungen; die Sprünge schienen von aus dem Seeboden herausragenden Felsblöcken auszugehen. Dieser See war ganz wasserleer, und die Eisdecke dürfte eine Dicke von 50—60 *cm* gehabt haben. Im Jahre 1873 besuchte er den Felkaer-See, der ebenfalls ganz trocken war. Die Eisdecke senkte sich vom Ufer nach der Mitte zu und bildete ebenfalls eine im grossen muldenförmige Vertiefung, die durch die hervorstehenden Blöcke des Seebodens unterbrochen wurde. An mehreren Stellen waren diese Blöcke von Eisschollen mantelförmig umgeben. Die Dicke des Eises dürfte 90 *cm* betragen haben, und die dasselbe durchkreuzenden Sprünge waren so breit, dass man sich durch dieselben auf den Boden des Sees hinablassen konnte. Die Eisverhältnisse des Esorbaer-Sees hatte Blasy vier Winter hindurch Gelegenheit zu beobachten. Die daselbst arbeitenden

Zimmerleute schlugen Löcher in die Eisdecke, welche ungefähr 1 *m* dick war, jedoch nicht jenen Grad von Reinheit und Durchsichtigkeit besass, als das Eis der früher erwähnten Seen. Über die Tiefe der Seen waren einst und sind auch zum Teil noch jetzt sehr irrige Ansichten verbreitet, wie das die vorgenommenen Messungen beweisen. Die grösste Tiefe fand man bisher im grössten See der Hohen Tátra, im sogenannten Grossen-See (in der Gruppe der polnischen fünf Seen); dieselbe beträgt 78 *m*. Die meisten Tiefseemessungen in der Tátra hat der Warschauer Professor Dr. Dziewulsky vorgenommen. Ihm verdanken wir eine genaue Kenntnis der Tiefenverhältnisse des Fisch-Sees, des Meerauges, der polnischen fünf Seen und des Schwarzen Sees im Suchawoda Thale. Die Resultate sind im Jahrbuche des Galizischen Tátra-Vereins (Jahrg. 1879, 1880, 1881 und 1882 publiziert). Auf der Südseite erwarb sich Dr. Dionysius Dezso Verdienste um die Erforschung der Seen. Er untersuchte den Esorbaer, Popper, Felkaer und Smrecsiner See. Die grösste Tiefe der bisher gemessenen Seen ist in der weiter unten folgenden Tabelle mitgeteilt. Ausser den direkten Messungen sind auch jene Beobachtungen in Betracht zu ziehen, welche einige Touristen in Bezug auf die Tiefe der Seen machten. Das Sinken des Wasserspiegels hat nämlich nicht nur eine Abnahme der Ausdehnung des Sees zur Folge, sondern gestattet oft einen genauen Überblick über die Bodenverhältnisse des Seebeckens oder doch wenigstens Schlüsse auf die Konfiguration des mit Wasser bedeckten Teils des Seebodens. Neben diesem periodischen Wechsel der Seetiefe sind auch jene konstanten Veränderungen in Betracht zu ziehen, die ein fortwährendes Seichterwerden der Seen zur Folge haben. Durch Ablagerung von Schutt, Gerölle, Sand und Schlamm auf den Boden des Sees wird derselbe immer mehr erhöht, und durch fortwährendes Tieferfeilen des Abflusses wird das Niveau des Seespiegels gesenkt. Beide Veränderungen verursachen eine Abnahme der Wassermengen. Wenn dieser Prozess lange anhält, treten die Erhöhungen des Seebodens als Inseln hervor, und im weiteren Verlauf der Entwässerung bleiben nur noch einige Sümpfe von der einstigen See zurück, die bei trockener Witterung oft gänzlich verschwinden. Für die verschiedenen Phasen dieses Erlöschens der Seen bietet die Hohe Tátra zahlreiche Beispiele. Da der Spiegel der Seen Veränderungen unterworfen ist, bleibt auch ihre Ausdehnung nicht konstant. Auf der weiter unten folgenden Tabelle ist das Flächenmass einiger Tátra-Seen auf Grund der Katastralkarte angegeben.

Die Seen im oberen Gebiete des Tayflusses (Loch Rannoch, Loch Tummel, Loch Tay und Loch Earn) sind bezüglich ihrer Reliefverhältnisse von Wilson untersucht worden[1]. Die

[1]) Scott. Geogr. Magazine **4.** p. 251 u. ff.

grösste Tiefe erreicht Loch Tay mit 155 *m*, die geringste Loch Tummel bei 38 *m*. Wilson kommt zu dem Ergebnisse, dass diese Felsenseen durch Gletscher ausgehöhlt worden seien, doch erscheint dieser Schluss nach Lage der Sache keineswegs zwingend.

Die Temperaturverhältnisse der grossen italienischen Seen sind von Forel studiert worden[1]. An der Oberfläche schwankte deren Wasserwärme vom 4.—12. September 1889 zwischen + 20° und + 22° C., während am Boden folgende Temperaturen beobachtet wurden:

Lago Maggiore	+ 5.7° C.	Vierwaldstätter See	+ 4.6° C.
Lago di Como	+ 6.1°	Genfer See	+ 4.7°

Lago di Lugano + 5.3°.

Der nur 13 *m* tiefe Lago di Piano, welcher in der Nähe des Luganersees und nur unwesentlich höher als dieser liegt, soll in jedem Winter zufrieren und sogar Monate lang gefroren bleiben, eine Thatsache, die doch noch sehr der Bestätigung bedarf.

Die beiden Mansfelder Seen bei Eisleben sind von W. Ule untersucht worden[2]. Sie nehmen die tiefste Senke des sich südöstlich an den Harz anlagernden Mansfelder Hügellandes ein. Der grössere, „Salzige See“, hat ein Areal von 8.8 *qkm* und liegt 88.9 *m* über der Nordsee, der kleinere, „Süsse See“, hat 2.62 *qkm* Oberfläche und liegt 94.2 *m* über der Nordsee. Das Wasser beider Seen ist klar, durchsichtig und fast farblos. Das spezifische Gewicht des Wassers vom Salzigen See ist 1.0015, das des Süssen Sees 1.0026, letzteres ist durch grösseren Gehalt an Chloralkali ausgezeichnet. Dieser hohe Salzgehalt ist erst in den letzten Jahrzehnten entstanden, seit um Mitte der siebziger Jahre die Wasser aus den Mansfelder Bergwerken durch Stollen dem See zugeführt wurden. Im Jahre 1876 war dem See durch diese Wasser so viel Salz zugeführt worden, dass die Bäume und Sträucher an dem Ufer eingingen, und die Fische in dem See starben. Auf eine Beschwerde der umwohnenden Fischer wurden die Stollenwasser direkt in die Saale geleitet, seit welcher Zeit der Salzgehalt des Wassers wieder abgenommen hat.

Salzfrei war nach Ule's Meinung der See übrigens wohl nie, sondern nur minder salzhaltig als der andere. Letzterer verdankt seinen Salzgehalt zahlreichen salzhaltigen Quellen, welche teils sichtbar am Ufer, teils unsichtbar unter dem Seespiegel hervorbrechen und den Gips- und Salzlagern des Zechsteines, der das ganze Gebiet um die Mansfelder Seen unterteuft, entstammen. Die Tiefenverhältnisse der Seen sind von Ule zum ersten Male genau ermittelt worden. Die grösste Tiefe des Süssen Sees ist 7.7 *m*, die des anderen 18 *m*, und die Boden-

---

[1] Rendiconti del R. Istituto Lombardo **22.** 1889.
[2] Die Mansfelder Seen. Inaugural Dissertation. Halle 1888.

plastik ist bei beiden sehr einfach. Ihr Wasser erhalten die Seen durch mehrere Bäche und Quellen, entwässern aber nur durch einen einzigen Abfluss. Bezüglich der Entstehungsursache beider Seen kommt Ule zu dem Ergebnisse, dass dieselben durch eine hebende und somit das Wasser in den Flussthälern aufstauende Bodenbewegung, dann aber auch infolge der auslaugenden Kraft des Wassers und der damit verbundenen teils plötzlichen, teils allmählichen Senkung des Bodens gebildet wurden.

Die Tiefenverhältnisse der Masurischen Seen sind ebenfalls von W. Ule untersucht worden[1]. Orographisch ist Masuren ein Teil der grossen längs der Südküste der Ostsee sich hinziehenden baltischen Seenplatte, welche gerade hier ihre höchste Erhebung zeigt. Nachdem dieser norddeutsche Höhenzug in dem heute von der Weichsel durchflossenen Thale eine tiefe Einsenkung erfahren hat, erhebt er sich als preussische Seenplatte oder auch als Masurischer Landrücken parallel zu dem pommerschen Höhenzug, bis zu einer mittleren Höhe von etwa 200 *m*. Doch nicht in überall gleicher Höhe durchzieht die Gebirgsschwelle das Land; an mehreren Stellen erfährt dieselbe bedeutende Einsenkungen.

In den höher sich erhebenden Gebieten Masurens finden sich zahlreiche, oft zu Hügelreihen vereinte Berge, welche dem Lande zuweilen einen so wirren Ausdruck geben, dass die Bewohner des ebeneren Landes demselben sehr treffend die Bezeichnung „bucklige Welt“ beigelegt haben. Zwischen den zahlreichen Hügeln befinden sich naturgemäss vielgestaltige Becken, die meist von Wasser ausgefüllt sind, häufig aber auch von Mooren eingenommen werden. Diese bald kreisrunden, bald länglich geformten Vertiefungen vereinigen sich zuweilen zu grösseren Bodensenken, die, wenn sie ebenfalls mit Wasser angefüllt wurden, dann jene grossen, weit ausgedehnten Seen bilden. Neben solchen, weite Flächen bedeckenden Seen erblicken wir im Masurenland auch eine Anzahl lang gezogener, flussartiger Wasserrinnen das Land durchziehen. Ist der Spirding See ein vortreffliches Beispiel für Flächenseen, so haben wir in unmittelbarer Nähe in der langen Kette des Rhein'schen Sees, Talter-Gewässers- und Beldahn Sees ein ausgezeichnetes Bild eines Flusssees, wie wir jene Wasserbecken, ohne dabei auf den Ursprung hinzuweisen, kurz nennen wollen. Diese flussartigen Seenketten bilden oft eine in sich zurücklaufende Linie, was durch einen Blick auf die Karte leicht erkannt werden kann. Eine grosse Anzahl kleiner, selbständiger Wasserbecken trägt endlich zur Belebung des Landschaftsbildes noch wesentlich bei. Die Seen Masurens stehen unter einander vielfach in einer natürlichen oder künstlichen Verbindung. Es ist besonders in dem Gebiete der grossen Seen

[1]) Jahrbuch der Kgl. Preuss. geolog. Landesanstalt 1889.

mitten durch den Landrücken hindurch eine grossartige Wasserstrasse geschaffen. Vom Spirding See kann man durch das Talter-Gewässer auf Kanälen durch den Taltowiskosee, Schimonsee in den Jagodner- und Löwentinsee gelangen. Von hier aus führt ein kurzer Kanal weiter in den Kissainsee, der durch den Dargainen- und Kirsaitensee mit dem Mauersee verbunden ist, somit also durch die Angerapp einen Schiffahrtsweg nach dem Pregel gestattet. Auf der anderen Seite entwässert dagegen der Spirdingsee durch die Pissek nach Polen zu ab. Nur wenige Meter hätte der Spiegel der grossen masurischen Seen sich zu erheben brauchen, um diese von Menschenhand geschaffene Wasserstrasse sich selbst zu bilden. So mannigfaltig auch die orographischen Verhältnisse des Landes gestaltet sind, so einfach erscheint sein geologischer Aufbau. Nirgends tritt uns in Masuren das Grundgebirge entgegen; überall ist dasselbe von einer über 100 *m* mächtigen Diluvialdecke verhüllt. Sande, Grande und Lehme bilden im bunten Wechsel die Oberfläche des Landes. Zuweilen treten auch mächtige Geröllanhäufungen an ihre Stelle. Am häufigsten ist jedoch der sogenannte obere Geschiebemergel, die Deckschicht sowohl auf den Gipfeln der Berge wie auf dem Boden der Senken und Mulden. Nicht selten wird dieser Geschiebemergel von Sanden durchragt. Aus der Schilderung der orographischen und geologischen Verhältnisse Masurens geht deutlich hervor, dass wir es hier mit jener typischen Landschaft zu thun haben, für welche die neueren Geologen die Bezeichnung „Moränenlandschaft“ eingeführt wissen wollen, indem sie das vorhandene Gesteinsmaterial als die Grundmoräne der grossen Vereisung Norddeutschlands auffassen. Diese Oberflächengestalt, durch welche die preussische Seenplatte gekennzeichnet wird, finden wir aber überall in dem baltischen Landrücken in mehr oder weniger veränderter Form wieder, und man ist wohl berechtigt, aus der Gleichartigkeit der Landschaft auch auf die einheitliche Entstehung derselben zu schliessen.

Deshalb haben die Tiefenmessungen Ule's in einigen Masurischen Seen eine allgemeine Bedeutung, besonders für die Prüfung der bisherigen Theorien über die Entstehung der Oberflächengestalt im norddeutschen Flachlande.

Was nun die allgemeinen Ergebnisse anbelangt, so findet Ule, dass die Oberflächengestaltung unterhalb des Seespiegels vollständig derjenigen oberhalb desselben entspricht. „Einer sanftwelligen Uferlandschaft entspricht stets auch ein gleichmässig gestalteter Seeboden, während die typische, „bucklige Welt“ in der Umrandung auch in dem Tiefenverhältnisse des Sees entgegentritt. Ein Sinken oder Steigen des Wasserspiegels würde also den Charakter der Landschaft nicht zu verändern im stande sein. Als ein weiteres, nicht unwichtiges Ergebnis der Lotungen ist der Nachweis zu bezeichnen, dass die lang-

gestreckten, flussartig gestalteten Becken auch in dem Bodenrelief der Flächenseen vorhanden sind. Am deutlichsten zeigt sich eine solche lang ausgestreckte Einsenkung in dem nördlichen Teile des Mauersees. Aber auch in dem Kissainsee, dem Darpainensee und dem Löwentinsee sind rinnenartige Vertiefungen zu finden, die freilich entsprechend der sanftwelligen Umgebung eine meist ziemlich breite Sohle aufweisen. Eine Senkung des Wasserspiegels würde hier also an Stelle des Flächensees mehr oder minder schmale Flussseen schaffen.

Die Übereinstimmung der Bodengestalt deutet an, dass für die Entstehung der Seebecken wie für die Bildung der Oberflächengestaltung des Landes die gleichen Ursachen anzunehmen sind. „Nicht in ein vorher ebenes Land sind die Seebecken eingegraben, sondern sie sind nichts weiter, als die in den tiefsten Stellen eines auf irgend eine Weise ausserordentlich mannigfaltig gestalteten Landes angesammelten Wassermengen, welche auch als das zu Tage tretende Grundwasser betrachtet werden können. Es sind Wasseransammlungen, die nur ihrem verhältnismässig jugendlichen Alter ihre Fortdauer bis in die Jetztzeit verdanken. Einmal reicht die in diesem Gebiet niederfallende Regenmenge nicht aus, um den Seen, die zur Zeit ihres Entstehens wohl meist abflusslos waren, genügend tiefe Abflussrinnen zu graben, dann aber gestattet auch der vielfach sandige und durchlässige Diluvialboden dem Wasser ein unterirdisches Abströmen, so dass nur ein geringer Teil des atmosphärischen Niederschlages wirklich zur Erosionswirkung gelangen kann."

Auf Grund der orographischen Verhältnisse des Masurenlandes kommt Ule bezüglich der Bildung der Seen zu folgendem Schlusse: „Die grossen orographischen Züge des Landes sind wahrscheinlich durch die jüngstzeitlichen tektonischen Vorgänge in der Erdkruste hervorgebracht worden, unabhängig davon haben dann die von N. vordrängenden Gletscher durch Aufschüttung und Ausräumung die grossen Bodensenken des Landes geschaffen, allmählich erweitert und vertieft; vorwiegend aber hat die erodierende Kraft der Schmelzwässer, welche in verhältnismässig geringen Massen, doch während langer Zeit in häufig wechselnden Strombetten zur Wirkung kamen, dem Boden die jetzige Gestalt gegeben, wobei die liegengebliebenen Eisschollen und das wahrscheinlich noch in dem Gletscher eingegrabene Gesteinsmaterial zur Vervielfältigung der Oberflächenformen beitrug und ausserdem auch einige durch grössere Neigung des Bodens entstehende Wasserfälle in die sonst ebene Thalung tiefere Löcher eingruben."

Die Tiefenverhältnisse einer Anzahl Salzburger Seen sind von E. Fugger ermittelt worden[1]. Mehrere Seen

---

[1]) Mitteil. d. Ges. f. Salzburger Landeskunde **30.** 1890.

(die 3 Mattseen, der Wallersee, der Zellersee und einige andere) sind schon früher von Steinhauser gelotet worden, und stellte Fugger die Ergebnisse in Isobathen dar. Beim Wallersee ist das ganze Becken zwischen den umgebenden Höhen mit glazialen Gebilden gefüllt Die grösste Tiefe beträgt 23.4 *m*. Der $4^3/_4$ *qkm* grosse Zellersee, „die Perle des Salzburger Landes", ist bis zu 74 *m* tief. Durch drei Bäche werden ihm jährlich mindestens 6000 *cbm* Schutt zugeführt, so dass er im Laufe von 20000 Jahren eingehen müsste; eine Verengung im nördlichen Teile (zwischen Zell und Thumersbach) dürfte nach der Meinung von Fugger schon in 500—600 Jahren zu einer Abschnürung werden.

Die Erforschung der alpinen Seen ist seit dem Vorgehen der württembergischen Regierung (1886) bezüglich der Untersuchung des Bodensees in eine neue Epoche eingetreten. Bis jetzt haben sich nur einzelne dem Studium dieser Seen gewidmet, darunter vor allem Forel, Simony und Geistbeck, welche mehr systematisch gearbeitet haben. Das meiste bleibt noch zu thun, und in dieser Beziehung hat Forel ein Programm aufgestellt, das bei den staatlicherseits in Aussicht genommenen Arbeiten als Grundlage dienen kann [1]). Hiernach sollen sich die Arbeiten erstrecken auf folgende Punkte:

1. Untersuchung des Bodens (Lotungen und Bodenproben). 2. Analyse des Wassers. 3. Temperaturbestimmungen der Oberfläche und in der Tiefe, letztere mittels des Negretti-Zambra'schen Umkehrthermometers. 4. Durchsichtigkeit des Wassers (mittels einer weissgestrichenen Metallscheibe von 30 *cm* Durchmesser, deren Verschwinden und Wiedererscheinen in der Tiefe bestimmt wird, ferner Anwendung von Chlorsilberplatten zur Bestimmung der absoluten Dunkelheitsgrenze). 5. Fauna und Flora 6. Seiches (am Bodensee Ruhss genannt). 7. Pegelbeobachtungen. Über die Untersuchungen nach diesem Progamm ist bis jetzt noch nichts bekannt geworden.

Schwankungen im Wasserstande. Die Hydrographen haben schon seit geraumer Zeit bemerkt, dass der Wasserstand in mehr oder minder vom offenen Ozean abgeschlossenen Meeresräumen im Jahreslaufe sowohl als in verschiedenen Jahren veränderlich ist. So zeigt die Ostsee eine deutliche Jahresperiode, und zwar ist die Bewegung der mittleren Wasserstände von Monat zu Monat bei allen Stationen nahezu parallel. Diese Schwankungen können daher nicht Folge lokaler Windbewegungen sein, sondern sie zeigen notwendig eine wirkliche Änderung des Wasservolums der Ostsee an. Seibt, welcher sich vor einigen Jahren mit dieser Frage beschäftigte, glaubte, die Schwankungen auf eine jährlich wiederkehrende Flutwelle zurückführen zu müssen;

[1]) Übersetzung und Auszug daraus, von E. Richter, in den Mitteil. des Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1890. Nr. 9.

auf eine Verschiebung der Wassermassen der Weltmeere im Sommer der Nordhemisphäre von der südlichen auf die nördliche, im Winter umgekehrt von der nördlichen auf die südliche Halbkugel. Zu ähnlichen Ansichten gelangte v. Baeyer. Eine neue und sehr eingehende Untersuchung dieser Wasserschwankungen hat nun Dr. Eduard Brückner ausgeführt und ist dabei zu ebenso interessanten, als wichtigen Ergebnissen gekommen.[1]) Er zeigt nämlich zunächst die überwiegende Bedeutung der Wasserführung der Flüsse für den Wasserstand an drei europäischen Meeren, dem Kaspisee, einem jeder Verbindung mit dem Ozean entbehrenden Gewässer; dem Schwarzen Meere, das nur durch den schmalen und wenig tiefen Bosporus unvollkommen mit dem Ozean in Verbindung steht, und der Ostsee, deren Verbindung mit dem Atlantischen Weltmeere eine verhältnismässig freiere genannt werden kann. Was zunächst das Kaspische Meer anbelangt, so standen zur Prüfung der Jahresschwankung Pegelmessungen zu Baku (25 Jahre) und zu Aschur-Ade in der Bucht von Astrabad (17 Jahre) zur Verfügung. Beide zeigen mit grosser Übereinstimmung den niedrigsten Wasserstand im März, den höchsten im Juli und August. Die Schwankung erreicht 0.3 *m*, und die Volumänderung der Wassermasse berechnet sich auf 165 Kubikkilometer oder 0.4 einer geographischen Kubikmeile. Dass die Ursache dieser grossen, Jahr für Jahr mit fast absoluter Gleichförmigkeit sich vollziehenden Schwankung in der jährlichen Periode der Wasserzufuhr durch die Flüsse, vor allem durch die Wolga, zu suchen ist, bedarf kaum eines Wortes. In der That ist hier wie dort der Winter die Zeit niedrigen, der Sommer diejenige hohen Wasserstandes. Letzterer tritt aber im Kaspischen Meere $1^1/_2$ Monat später ein als bei der Wolga, wie es notwendig der Fall sein muss, indem der Meeresspiegel auch nach dem Hochwasser des Stromes so lange steigt, bis gegen den Spätsommer die zunehmende Verdunstung von der Meeresfläche gleich der schon abnehmenden Wasserzufuhr wird. Nicht ganz so selbstverständlich ist die Abhängigkeit der jährlichen Schwankung von der Wasserführung der Zuflüsse beim Spiegel des Schwarzen Meeres. Allein auch hier zeigt Dr. Brückner den Zusammenhang beider Erscheinungen. Auf April und Mai fällt der höchste Stand der Flüsse, auf Juni derjenige des Pontus. Sehr viel verwickelter gestalten sich die Verhältnisse an der Ostsee, entsprechend dem Umstande, dass dort die Verbindung mit dem Ozean eine freiere ist. Trotz der gewundenen Gestalt dieses Beckens vollziehen sich die Schwankungen im Laufe des Jahres an den verschiedenen Punkten der Küste in gleichem Sinne: im Sommer finden wir den höchsten, im Frühjahr den tiefsten Stand. Ein Vergleich dieser Schwankungen mit denjenigen des Wasser-

[1]) Gaea **24.** p. 740.

standes der grossen deutschen Ströme, die in die Ostsee münden, lehrt aber, dass die Wasserführung dieser Flüsse dabei nur eine untergeordnete Rolle spielen kann. Auch die skandinavischen Ströme haben keinen entscheidenden Einfluss. Brückner sieht sich deshalb zu der Annahme gezwungen, dass der niedrige Frühjahrsstand der Ostsee doch wohl mit dem dann stattfindenden Vorherrschen der Ost- und Nordostwinde und der hohe Wasserstand des Sommers wenigstens zum Teil mit den dann ihre grosse Beständigkeit erlangenden Westwinden in Beziehung zu bringen sei. Alle diese Ergebnisse zeigen im allgemeinen nichts Auffälliges. Sehen wir uns aber die Schwankungen des Wasserstandes im Laufe vieler Jahre an, so ändert sich die Sache, wie Dr. Brückner im einzelnen nachweist. Beim Kaspischen Meere zeigt sich z. B., dass gewisse grosse Bewegungen des Wasserspiegels in längeren Zeiträumen stattfinden. Die fünfjährigen Durchschnittswerte der Pegelstände an den bereits oben genannten Stationen zeigen, dass 1851—65 der Spiegel des Kaspischen Meeres niedrig lag, dass aber von 1866 an das Wasser fortwährend stieg. Beim Schwarzen Meere findet Dr. Brückner ebenfalls ein Steigen gegen 1880 hin. Bei der Ostsee sind die Schwankungen geringer, aber nach den Berechnungen der Pegelstände an zehn Stationen, welche Dr. Brückner ausgeführt hat, und nach den Kurven der Wasserstände, die er mitteilt, nicht zu bezweifeln. Überall bei diesen Stationen zeigt sich ein Sinken von 1850 oder 1855 an, ein niedrigster Stand um 1860—65, erneutes Steigen seit 1866, dann ein plötzlicher Vorstoss gefolgt von einem kleinen Rückschlag 1871—75, hierauf wieder allmähliches Anschwellen. Es ist in hohem Grade bemerkenswert, betont der genannte Forscher, dass wir auch an der Ostsee jenes Ansteigen des Meeresspiegels seit der Mitte der sechziger Jahre finden, welches uns am Kaspischen Meere begegnet. Soweit die Beobachtungen reichen, vollzieht sich in langdauernden Zeiträumen das Steigen und Sinken des Wasserspiegels an beiden Meeren gleichzeitig und parallel. Dieses überaus merkwürdige Ergebnis steht aber nicht vereinzelt da, die Schwankungen der Alpengletscher zeigen ein gleiches Verhalten. „Die Periode des Vorstossens der Gletscher der Alpen im Beginne des Jahrhunderts entspricht eine Zeit des Steigens und des hohen Standes des Kaspischen Meeres. Der zweiten Periode des Vorrückens der Gletscher, Ende der vierziger Jahre, läuft auch ein Anschwellen des Kaspischen Meeres parallel, und die jüngste 1866 beginnende Hebung des Kaspiniveaus findet ihr Widerspiel in dem seit Ende der siebziger Jahre sich vorbereitenden Gletschervorstosse. Es erscheint die Bewegung der Gletscher um einige Jahre gegen die Bewegung des Spiegels im Kaspischen Meere verschoben, derart, dass die erstere hinter der letzteren nachhinkt. Was Swarowsky für die Gletscher der Ostalpen und den abflusslosen

Neusiedler See dargethan hat, begegnet uns, nur noch in viel grossartigerem Massstabe, am Kaspischen Meere. Beide Phänomene, Gletscherschwankungen wie Schwankungen der abflusslosen Seen, führen sich auf die gleiche Ursache zurück, auf säkulare Schwankungen der Witterung, auf Klimaschwankungen". Dr. Brückner zeigt nun weiter, dass auch bei den mitteleuropäischen Flüssen (Memel, Weichsel, Oder, Elbe, Weser, Rhein, Seine, Donau) Schwankungen des Wasserstandes vorkommen, die mit den übrigen ziemlich parallel laufen. Um 1801—10 erreichten alle Flüsse den höchsten Stand und begannen dann mit mehr oder weniger Unterbrechung zu sinken, bis gegen das Jahr 1830. Dagegen treffen wir um 1850 herum wieder einen höchsten Stand, dem ein scharf ausgesprochenes Sinken folgt, welches 1856—65 sein Ende erreichte. Seit 1866 sind die Flüsse wieder im Steigen, und diese Periode scheint auch 1880 noch nicht abgeschlossen zu sein. Als Endergebnis ergiebt sich, dass fast ganz Europa gleichzeitige und gleichsinnige Klimaschwankungen erlebt. Ist dieses Ergebnis schon merkwürdig genug, so findet Dr. Brückner, indem er das über die bezüglichen Verhältnisse der übrigen Weltteile vorhandene Material prüft, dass auch dort die gleichen Schwankungen stattgefunden haben. Am deutlichsten zeigen sich dieselben bei der Wasserführung des Nil und des Mississippi, deren Verhalten wegen ihres ausgedehnten Flussgebietes von grösstem Gewicht ist. Es ergiebt sich die überraschende Thatsache, dass die Länder der gesamten Nordhälfte der Erde in der Gegenwart gleichzeitige Schwankungen des Klimas erleben: eine relative Trockenperiode um 1830, eine nasse um 1850, eine zweite Trockenperiode um 1866, gefolgt von einer zweiten nassen Periode (um 1880?). An diesen Schwankungen nehmen alle hydrographischen Erscheinungen der Erde teil: Gletscher, Flüsse, See und die relativ abgeschlossenen Meeresräume wachsen gleichzeitig an und nehmen gleichzeitig wieder ab. Dieses Ergebnis, welches sich nach den Untersuchungen Brückner's auch für die südliche Erdhälfte bewahrheitet, ist im höchsten Grade unerwartet, und ganz von selbst tritt die Frage auf: Was ist die Ursache dieser Klimaschwankungen? Mancher wird hierbei sogleich an die Sonnenflecke denken, denen man in den letzten Jahren bereits so vielerlei in die Schuhe geschoben hat; allein im vorliegenden Fall ergiebt sich keinerlei paralleler Gang zwischen beiden Erscheinungen. Die Ursachen der in Rede stehenden Klimaschwankungen sind noch völlig unbekannt, und es ist noch müssig, in dieser Beziehung Hypothesen aufzustellen. Wenn indessen fernere Forschungen bestätigen werden, dass thatsächlich beide Erdhälften in der gleichen Weise und zur gleichen Zeit die angezeigten Schwankungen durchmachten, so kann die Ursache davon keine irdische sein, sondern müsste in kosmischen Verhältnissen gesucht werden. Fast gleichzeitig mit Dr. Brückner

hat Dr. Robert Sieger Untersuchungen über Seespiegel- und Gletscherschwankungen angestellt und ist zu Resultaten gekommen, welche manche Ähnlichkeit mit denjenigen Brückner's besitzen. Hier folgen aus seiner umfangreichen Abhandlung nur die Ergebnisse, so wie sie der Verf. selbst formuliert. Er sagt:

1. Von regelmässigen Perioden der Schwankungen an Seen und Gletschern kann ebensowenig die Rede sein, als es uns bislang gestattet ist, einen Zusammenhang derselben mit der Sonnenfleckenzahl zu vermuten. Die Übereinstimmung liegt vielmehr darin, dass die Maxima und Minima der Seestände der Zeit nach in die unmittelbare Nähe gewisser fester Punkte fallen, die wir als „mittlere" Maxima und Minima bezeichnen können, deren Abstände von einander aber durchaus unregelmässige sind.

2. Die Abweichungen der thatsächlichen Maxima und Minima von diesen mittleren sind nicht ausschliesslich von örtlichen Niederschlagsverhältnissen bedingt, sondern es lässt sich deutlich auch ein Einfluss der geographischen Länge des Ortes erkennen. In der Regel treten nämlich die östlicher gelegenen Gletscher und Seen später in die übereinstimmenden Bewegungen ein, als die westlicheren.

3. Bei abflusslosen Seen pflegt die Schwankungsrichtung sich über längere Zeiträume ununterbrochen zu erhalten (Aufspeicherung); der Betrag und zum Teile auch die Dauer der einzelnen Anschwellungen und Entleerungen sind von örtlichen Bedingungen mit abhängig. (Klimatische und nicht klimatische Lokaleinflüsse.) Wenn z. B. der Betrag einzelner Schwankungen so weit herabsinkt, dass er dem minder genauen Beobachter ganz entgeht oder auch wirklich durch abnorme örtliche Verhältnisse ganz aufgehoben werden mag, so dass 30-, ja 80-jährige gleichsinnige Bewegungen oder gar Stillstände auftreten, während andere nahegelegene Seen zu derselben Zeit mehrere Wellen aufweisen, so fehlt uns eine allgemeine Erklärung für diese Veränderungen der Amplitude. Es ist aber nicht unmöglich, dass selbst der Unterschied zwischen beiden von mir aufgestellten Typen nur auf der grösseren oder geringeren Deutlichkeit der kleineren Schwankungen in den Vierziger- und Fünfzigerjahren beruht, und so mag weitere Forschung nach dem Gemeinsamen der zu jedem Typus gehörigen Seen wohl auch die Ursache der Verschiedenheit im relativen Werte ein und derselben Schwankung an verschiedenen Seen aufhellen.

4. Eine weitere Ursache von Gegensätzen und Abweichungen scheint in der verschiedenen geographischen Breite der einzelnen Seen zu liegen.

5. Eine Verzögerung der Gletscherbewegungen gegenüber den Schwankungen nahe gelegener Seen findet nicht regelmässig statt.

6. Zweifelhaft ist, ob ein durchgreifender Unterschied zwischen den Schwankungen abflussloser und abflussbesitzender Seen des nämlichen Gebietes stattfindet.

7. Seen, welche neben klimatischen auch anderen Einwirkungen unterliegen (zeitweilige Anzapfungen, Überfliessen, unterirdische Abzugskanäle) werden nur so lange die ersteren zu sichtbarem Ausdruck bringen, als sich die Wirkungen der letzteren gleichmässig verhalten.

Sieger hat auch eine sehr instruktive Zusammenstellung des gesamten zur Zeit vorliegenden Materials über Seespiegelschwankungen in folgender Tabelle gegeben:

	Alpen-Gletscher	Seen im N. der Alpen	L. Fucino	Wansee	L. George	Gr. Salt L.	Canad. Seen.
Lage:	ca. 5–15° E. Gr.		13½° E. Gr.	42–43° E. Gr.	149½° E. Gr.	112–113° W. Cr.	ca. 78–92° W. Gr.
Min.	um 1800	um 1800?	1793	—	—	—	**1819**
Max.	„ 1815	**1817**	**1816**	1820?	1823	—	**1838**
Min.	„ 1830	1835	1835	**1838**	1840 ff.	**1847**	1851?
Max.	„ 1845	1845	**1846**	1850	1852	1856	1859
Min.	„ —	1850	1850	1852 ff.	1859	**1862**	1869
Max.	„ 1850/5	1855/6	**1861**	**1862 ff**	1874	1874	1876
Min.	„ 1875	1860/5	(1872)	1875?	—	—	um 1880
Max.	„ 1886/7?	1876/80	—	—	—	—	1886?

Fasst man die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen kurz zusammen, so giebt es nach Dr. Brückner Epochen mit übernormalen Niederschlägen gleichzeitig auf der ganzen Erde, wodurch der Wasserstand der Seen wächst, und die Gletscher vordringen, nach Dr. Sieger hingegen findet der Wechsel vorwiegend nasser und trockener Jahre nicht für die ganze Erde gleichzeitig statt, sondern, von West nach Ost vorschreitend, verspäten sich die Wendepunkte, so dass auf der östlichen und westlichen Hemisphäre die Schwankungen nahezu in entgegengesetzten Phasen sind. Drittens ist noch die Thatsache verbürgt, dass das Niveau der Seen und die Ausdehnung der Gletscher in Mittelasien, soweit unsere Erfahrung reicht, abnehmen.

11. Gletscher und Glacialphysik.

Die Bedeutung der Gletscher und ihre Rolle in der physischen Erdkunde ist gegenwärtig voll anerkannt, doch haben sich freilich die Ansichten über die Beziehung der Gletscher zur Thalbildung noch nicht geeinigt. Hier können nur einige der wichtigeren Untersuchungen über Vergletscherung und Bewegung von Gletschern hervorgehoben werden.

Grönland. Die umfangreichste Eisbedeckung von säkularer Dauer, welche wir auf der Erde bis jetzt kennen, ist diejenige Grönlands; ein Gebiet von über 2 Millionen Quadratkilometern ist dort von einem Eispanzer bedeckt, dessen Mächtigkeit noch nicht festgestellt werden konnte. Überall, wo man von der Küste aus in das Innere jenes Festlandes vordrang, fand man die Oberfläche ansteigend und zunehmend ebener und gleichförmiger, bis zuletzt

eine unabsehbare schneebedeckte Hochebene sich darstellte, über die vereinzelte Bergspitzen, ähnlich Inseln aus dem Meere, hervorragten. Über dieses Binneneis Grönlands sind zahlreiche Beobachtungen gemacht worden, und H. Rink hat dieselben, soweit sie in die Jahre 1876 bis 1887 fallen, zusammengestellt und diskutiert[1]). Eine Zusammenstellung der geschichtlichen Daten über unsere Kunde vom grönländischen Binneneise hat Eberlin gegeben und Rink im Auszuge mitgeteilt[2]). Hiernach war man sicher schon 1727 darüber klar, dass das ganze Innere von Grönland mit Eis bedeckt sei, und fast ein Jahrhundert lang ist für die Erforschung des Binnenlandes so gut wie nichts geschehen. Die Horizontalität des inneren Grönlands ist wahrscheinlich aus einer Nivellierung durch die eisige Decke zu erklären. „Für diese Annahme spricht erstlich die Eigenschaft des Gletschereises, trotz seiner spröden Beschaffenheit doch zugleich die Eigenschaften eines dickflüssigen Körpers zu besitzen, nur dass seine Bewegungen als solche von ungeheuerer Langsamkeit sind. Wenn ein gewöhnlicher Gletscher auf seiner Unterlage nicht allein als ein fester Körper bergabgleitet, sondern auch als ein zäher Teig sich fliessend bewegt, so ist damit auch die Möglichkeit gegeben, dass, wenn er nur die gehörige Grösse hat oder mehrere derselben Art sich mit ihm vereinigen, er, am Fusse des Berges angelangt, sich über das untere Land verbreiten kann. Dass, mit anderen Worten, das Binneneis Grönlands mit einer von den Wasserscheiden seines Innern ausgehenden Überschwemmung zu vergleichen ist, wird auch durch die übrigen Eigenschaften, namentlich die jetzt genauer untersuchten Bewegungen der ungeheueren Eisdecke, bestätigt.

Aus allen Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass, in demselben Masse, wie neues Eis sich in den mittleren Regionen des Landes bildet, eine Fortschiebung des älteren Eises nach dem Rande hin stattfindet. Ein allgemeines Vorrücken des Randes gegen das Meer, und die Ausbreitung des Eises auch über das Küstenland würde daraus die Folge sein, wenn nicht teils das letztere durch seine Höhe einen Wall gegen den anschwellenden Eisstrom bildete, teils in dem übrigen Teile des Randes die Bewegung höchst ungleich wäre. Im allgemeinen genügt letztere nur gerade, um den äusseren Saum des Binneneises zu ersetzen in dem Masse, wie er durch die Sommerwärme des Küstenklimas verzehrt wird, so dass der Rand, wenn auch periodisch etwas vorwärts und rückwärts gehend, im ganzen denselben Standpunkt behauptet. Nur an gewissen Punkten sind scharf begrenzte Teile, nämlich die in die sogenannten Eisfjorde niedergehenden Arme des Randes einer Bewegung unterworfen,

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin **23.** p. 418–31.
[2]) Petermann's Mitteilungen 1890. p 200.

gegen welche die eben genannte tauende Wirkung verschwindet, so dass der Rand ins Meer geschoben und der Überschuss abgebrochen und fortgeführt wird. Diese Ausflüsse sind allerdings verhältnismässig wenige und zerstreut, aber lokal um so gewaltiger, und nur in Verbindung mit der Vorstellung von einer Überschwemmung können wir uns die Produktion der ungeheueren Menge Eises, dessen die Eisfjorde zur Bildung der Eisberge bedürfen, erklären, nämlich durch Zufuhr aus den entferntesten Gegenden eines grossen Binnenlandes. Ehe wir diese Wirkung, den Ursprung der Eisberge näher betrachten, dürfte die Beschaffenheit der Oberfläche des Eises zunächst in Erwägung zu ziehen sein.

Wo der Rand des Eises offenes niederes Land vor sich hat, bietet er in der Regel das Aussehen eines mächtigen Lavastromes dar, der in seinem Laufe plötzlich erstarrt ist. Er pflegt sich hier mit einer steilen, zerrissenen und gefurchten Wand zu erheben. Wenn es geglückt ist, diese Mauer zu erklimmen, zeigt die Oberfläche noch immerhin eine bedeutende Steigung, in der Regel, bis man eine Höhe von ungefähr 2000 Fuss erreicht. Es folgt auch von selbst, dass wir, indem wir uns ein flaches Hochland vorgestellt haben, ausserdem auch noch auf dieser ersten Strecke von gewissen Unebenheiten absehen müssen, die erst in unmittelbarer Nähe recht kennbar werden. Spalten, die wohl mehrere hundert, ja vielleicht tausend Fuss Tiefe messen, gehören hier zu den gewöhnlichen Hindernissen und Schrecken des Wanderers. Die bläuliche Farbe der Wände, die diese Abgründe einschliessen, geht nach unten ins völlige Dunkel der scheinbar bodenlosen Tiefe über. Die schmäleren Spalten mögen auch wohl oben durch losen Schnee verhüllt sein. Andere sind alt, mit zerfallenen Kanten und teilweise ausgefüllt, so dass die Wanderung über diese Rinnen und die sie trennenden Rücken doch äusserst mühselig wird Zu den Unregelmässigkeiten der Oberfläche gehören auch noch schwach angedeutete Terrassen, flache Wasserbecken und endlich schäumende Bäche, die in ihren eisigen Betten dahin eilen, bis sie sich als Wasserfälle in die Spalten verlieren.

In der Ferne betrachtet, sind diese Unebenheiten verschwindend und schaden nicht dem Eindrucke, den das Ganze als eine horizontale Fläche macht. Überall gilt die Regel, dass die Steigung ununterbrochen ist; der Steigungswinkel kann von verschiedenen Punkten der Küste etwas verschieden sein, nimmt aber, so wie Unebenheiten, nach innen fortwährend ab, so dass man zuletzt nur eine ebene, kaum merkbar steigende Schneefläche vor sich hat. Die grösste Höhe, welche auf diese Weise erreicht oder jedenfalls gesehen worden ist, darf wohl auf 7000—8000 Fuss angeschlagen werden. Die nach der Küste hin zunehmende Spaltenbildung hat offenbar in den Unebenheiten des Bodens und

der doppelten Natur des Eises, eine starre und zugleich dickflüssige Masse, ihren Grund. An der entferntesten Wasserscheide im Binnenlande, wo die erste Verwandlung des Schnees in Gletschereis vor sich geht, ist die Bewegung nach den Gesetzen der Flüssigkeit die vorherrschende, aber je weiter in der Richtung der Küste, je mehr kommt hierzu der Druck, den die weiter zurück liegenden Teile auf die vorderen als feste Körper gegen einander üben. Das auf der Oberfläche entstehende Wasser, welches sich als Ströme in die Spalten verliert, dürfte hierbei auch eine Wirkung ausüben, die bei gewöhnlichen Gletschern nur wenig bemerkbar wird. Es ist erwiesen, dass die Kanäle in der Tiefe, in denen sich dieses Wasser sammelt und dem Meere zuströmt, sich verändern. Die aufgestauten Ströme dürften, indem sie neue Spalten füllen, in denselben gefrieren und zur Spannung der ganzen Masse mächtig beitragen. Die gesamten Wirkungen konzentrieren sich gegen die Eisfjorde hin, wo als Schlussresultat die Bewegung durch Druck so überwiegend wird, dass so gut wie nur die Fortschiebung einer starren Masse stattfindet, während die flüssige Eigenschaft derselben nicht Zeit hat, sichtbare Wirkungen zu zeigen.

Auf der erwähnten Strecke von 350 Meilen berührt das Meer an sehr zahlreichen Stellen herabgehende Arme des Binneneises. Im allgemeinen ist aber die Bewegung dieser Arme so schwach, dass die dem Meere dabei abgegebenen Bruchstücke (Kalbeis) kaum Eisberge zu nennen sind. Nur 25—30 der genannten Arme geben wirkliche Eisberge ab, so dass die inneren Fahrwasser, welche dieselben aufnehmen, als Eisfjorde zu betrachten sind. Diese Eisfjorde sind wiederum, dem Grade ihrer Wirksamkeit nach, sehr verschieden. Wir haben sie demnach in Klassen geteilt. In die erste, als die mächtigste, dürften wohl nur 6 bis 8 zu stellen sein. Vier derselben und einer, der als zweiten Ranges bezeichnet worden ist, sind jetzt genauer untersucht worden. Das Landeis, welches sich in diese Fjorde herabsenkt, hat das Ansehen eines gewöhnlichen Gletschers, indem es zu beiden Seiten von Land begrenzt ist. Von einer Bergeshöhe aus sieht man aber gewöhnlich bald, dass es im Hintergrunde von dem grossen „Mer de glace“ ausgeht. Die Dicke der auf diese Weise vorgeschobenen Eisplatte lässt sich zwar nicht direkt messen; in den Bruchstücken, den Eisbergen, hat man jedoch insofern einen Massstab, als sie wenigstens dem kleinsten Diameter einer der grösseren Eisberge gleichkommen muss. Die Breite von Land zu Land lässt sich messen, und was nun endlich die Schnelligkeit der Bewegung betrifft, so ist diese für Punkte in einer Querlinie bestimmt worden, indem es sich nämlich bewährt hat, dass sie in der Mitte am grössten ist und nach den Seiten hin abnimmt. Die Messungen der Schnelligkeit sind auch zum Teil an demselben Gletscher zu verschiedenen Zeiten ange-

stellt. Es haben sich dabei Fluktuationen gezeigt, deren Art und Ursache noch ganz unerklärt geblieben sind. Vielleicht dürften sie in dem oben erwähnten Wechsel der Kanäle im Innern des Eises ihre Ursache haben.

Als Resultat der Messungen zeigte es sich, dass die mittlere Partie aller dieser Gletscher im Durchschnitt, zur Zeit der stärkeren Bewegung, eine Schnelligkeit von ungefähr 50 Fuss in 24 Stunden. also zwei Fuss in der Stunde hatte. Hieraus, in Verbindung mit den Berechnungen der Breite und Dicke, können wir uns eine Vorstellung von den Dimensionen des Stückes machen, welches jährlich von jedem der fünf Gletscher im Durchschnitt dem Meere übergeben wird Aufs Land gebracht, würde ein solches Stück einen Berg von 14000 Fuss Länge, 13000 Fuss Breite und 900, wenn nicht etwa volle 1000 Fuss Höhe, also 170000 Millionen Kubikfuss ausmachen.

Es kann nach diesen Messungen wohl kaum bezweifelt werden, dass diese Eisfjorde grosse, den Flussgebieten eines Landes entsprechende Areale voraussetzen, denen sie ihre Versorgung mit Eis, bis von den entferntesten Teilen des Binnenlandes, verdanken. Wir müssen nämlich dazu noch bedenken, dass wohl kein Gletschereis überhaupt sich über Land bewegen kann, ohne im Laufe des Jahres von einer mehrfach grösseren Menge Wassers begleitet zu werden, und man weiss auch aus Erfahrung, dass Wasserströme sich unter dem Eise in die Fjorde ergiessen. Demnächst ist zu erinnern, dass die 1000 Fuss dicke Eismasse über einen Grund geschoben wird, der als Unterlage einer gleitenden festen Masse nur eine verschwindende Neigung hat; woher sollte denn also die Kraft stammen, welche selbige zwei Fuss in der Stunde fortschiebt? Nur die vereinigte Wirkung der, wahrscheinlich im Innern des Landes von über 10000 Fuss Höhe ausgehenden, Gletschermassen auf jene einzelnen Punkte, die Eisfjorde, konzentriert, scheint dieses erklären zu können. Man hat versucht, sich die Schnelligkeit und die Produktivität dieser Eisberge abgebenden Gletscher aus einer starken Neigung des unterliegenden Bodens in der nächsten Umgebung zu erklären. Aber abgesehen davon, dass dieses mit direkten Erfahrungen im Widerspruch steht, so fragt es sich doch, wie denn der auf diese Weise beschleunigte Verbrauch des Vorrats in der nächsten Umgebung ersetzt wird? Wenn er von weiter Ferne hergeführt sein kann, so bedarf er ja auch nicht einer besonders fürs Herabgleiten geeigneten Bahn auf dieser letzten Strecke.

Angenommen also, dass das zur Speisung eines Eisfjords erforderliche Gebiet mit einem der Grösse des Landes einigermassen entsprechenden Flussgebiete zu vergleichen sei, so wird vorläufig ein Blick auf die Karte zeigen, dass eine gegen 100 (deutsche geographische) Meilen lange Wanderung des Niederschlages im festen Zustande, ehe er von der entferntesten Grenze

des Flussgebietes zum Meere gelangt, in Nordgrönland keineswegs zu den Unwahrscheinlichkeiten gehört. Hiermit ist dann auch die Anwendbarkeit dieser Eisbildung zur Beleuchtung der sogenannten Glacialzeit der Geologen verbunden. Der Transport erratischer Blöcke über ein niedriges Land von weiter Ausdehnung und das Abschleifen der Felswände, die unter einem gewissen Niveau liegen, finden in den Wirkungen, die hier noch vorgehen müssen, ihr Seitenstück. Die Fortschiebung der sicherlich über 1000 Fuss mächtigen Decke über einen unebenen Grund muss die hervorragenden Spitzen oder Kanten desselben abbrechen und zu einem mächtigen Schleifpulver machen. Eine Vergleichung mit den übrigen bekannten Polarländern wird denn auch bald zeigen, dass nur in Grönland ein solches Seitenstück zur Glacialzeit zu finden ist.

Von der Weise, in welcher die Eisberge vom festen Eise losbrechen, der sogenannten „Kalbung“, haben noch bis zum heutigen Tage Sachverständige verschiedene Meinungen ausgesprochen. Die Ursache davon ist wohl weniger die, dass es bis jetzt nur einmal einem Beobachter geglückt ist, Zeuge dieser grossartigen Erscheinung zu sein, als die, dass der Hergang dabei auch wirklich nach den Lokalitäten verschieden ist Derselbe muss sich nämlich nach der Form der Küste und der Beschaffenheit des Meeresbodens, wo der Gletscher zufällig seinen Austritt gefunden hat, richten, und eine allgemeine Regel kann deshalb nicht aufgestellt werden. Nur so viel kann man wohl behaupten, dass, wenn grosse Eisberge entstehen sollen, wenn die, übrigens gleiche Menge Eis, beim Losbrechen nicht in kleinere Stücke zerbröckeln soll, der Meeresboden von der Küste aus verhältnismässig eben sein und mit einer schwachen Neigung abfallen muss. bis das Wasser so tief ist, dass es die grosse Eisplatte vom Grunde heben und tragen kann. Sie bildet dann eine zusammenhängende, schwimmende Brücke so lange, bis, durch zufällige Umstände veranlasst, der Zusammenhang aufgehoben wird. Hat aber der Meeresboden nicht diese ebene Beschaffenheit, sondern fällt er plötzlich, noch ehe das Eis vom Wasser gehoben werden kann, bis zu einer grösseren Tiefe ab, so muss die Eisplatte über diesen Rand hinaus in grössere oder kleinere Stücke zerbröckeln und herabfallen, je nachdem sie doch noch mehr oder weniger vom Wasser getragen wird. Im oben genannten Falle aber zerbricht die Eisdecke mehr wie die eines gefrorenen Meeres, das Abbrechen geschieht nicht durch die direkte Wirkung der Schwere, im Gegenteil werden die Bruchstücke durch die gewaltsamen Umwälzungen mit ihren Kanten und Spitzen nach oben gekehrt, so dass sie hoch über den Rand, von dem sie losgebrochen, emporragen. Es folgt von selbst, dass der Meeresboden, auf dessen Beschaffenheit die Bildungsweise der Eisberge beruht, so gut wie gar nicht untersucht werden

kann; vor allem muss aber auch erinnert werden, dass diese Frage in physisch-geographischer Beziehung vorläufig noch von untergeordneter Wichtigkeit ist. Es fragt sich erst, wie gross die gesammelte Eismasse ist, die jährlich von einem Eisfjorde ausgestossen wird, abgesehen davon, ob dieses in der Form grösserer oder kleinerer Bruchstücke geschieht."

Die Gletscher der Ostalpen bildeten den Gegenstand einer grossen Monographie von Eduard Richter [1]), die zum grossen Teile auf eigenen Studien an Ort und Stelle beruht. Im ganzen werden 1012 einzelne Gletscher mit 1462 *qkm* Areal behandelt und die erlangten Resultate zur Ableitung allgemeiner Gesetze benutzt Zunächst ist es die Schneegrenze, mit welcher sich Prof. Richter eingehend befasst. Eine scharfe Linie für den „ewigen Schnee" in einer gewissen Höhe und von einigen meteorologischen Bedingungen abhängig, giebt es nicht. Man begegnet an den Abhängen der Gebirge bisweilen in verhältnismässig tiefen Lagen zusammenhängenden und dauernden Schneefeldern oder Schneeflecken, und an anderen Stellen trifft man wieder hoch über der Grenze des „ewigen Schnees" weite „apere", d. h. schneefreie Flächen, die den weissen Firnmantel unterbrechen. Richter stellt das, was man gegenwärtig als Schneegrenze bezeichnet, in folgender Weise zusammen:

1. Die orographische Firngrenze Ratzel's, das ist die untere Grenze der Firnfleckenregion.

2. Die wirkliche Schneegrenze Richter's, das ist die untere Grenze der zusammenhängenden, dauernden Schnee- und Eismassen.

3. Die klimatische Schneegrenze Ratzel's, das ist der theoretische Begriff einer nur von klimatischen Verhältnissen abhängigen Schneelinie.

4. Die normale Schneedecke Kerner's, jene Linie, bis zu der auf Hängen und Gipfeln der Schnee überhaupt zurückweicht.

Nach Prof. Richter's Ermittelungen kann man folgende Höhen als diejenigen der klimatischen Schneegrenze betrachten, wie sie sich unabhängig von Gebirgsbau und Lage gestalten:

Nördliche Kalkalpen (Zugspitze, Hochkönig, Dachstein)	2500 m
Silvretta (Nordseite)	2750 „
Ortlergruppe, etwas über	2900 „
Adamello - Presanella — Gr.	2800 „
Ötzthal, Nordteil	2800 „
„ zentrales	2950 „
Stubayer Gruppe	2700 „
Zillerthaler Alpen	2700 „
Venediger = und Glockner = Gr.	2700 „
Goldberg = und Ankogel = Gr.	2600 „
Südliche Kalkalpen mit Brenta	2700 „

[1]) Stuttgart 1888.

Eine merkwürdige Thatsache ist, „dass überall die Aussenränder in den Ostalpen eine tiefere Schneegrenze aufweisen als die inneren Teile, und die grössten Massenerhebungen auch den höchsten Stand aufweisen, während die Schneegrenze um so tiefer herabsteigt, je weniger breit im ganzen der noch in die Schneeregion aufragende Teil des Gebirges ist.“ Die Ursache hiervon wird in klimatischen Verhältnissen gesucht. „Die inneren Alpenteile sind genau wie Hochebenen durch Trockenheit, höhere Wärme, klares Winterwetter und ein Hinaufrücken der Vegetations- und Schneegrenze gekennzeichnet.“

Was die Schwankungen der Gletscher in den Ostalpen anbelangt, so findet Richter im gegenwärtigen Jahrhundert zwei Maximal- oder Vorstossperioden, deren letztere in die Mitte der fünfziger Jahre fällt. Seitdem ist ein Rückschritt eingetreten, der bedeutender ist als jener zwischen den beiden Vorstossperioden; nach vereinzelten Wahrnehmungen könnte man schliessen, dass dieser Rückschritt gegenwärtig seinem Ende entgegengeht.

Die Gletscherschwankungen sind übrigens individuell recht ungleich, und man muss sich wohl hüten, in dieser Beziehung allzusehr zu generalisieren. In dieser Beziehung machte Dr. Sieger einige sehr richtige Bemerkungen [1]). „Während an den meisten Gletschern“, sagt er, „die zu- oder abnehmende Bewegung sich durch Zeiträume von 10 bis 30 und mehr Jahren zu erhalten pflegt, so dass man mit Recht von „langjährigen Schwankungen“ spricht, zeigen einzelne Eiskörper eine lebhaftere Empfindlichkeit gegen die Einflüsse klimatischer Veränderungen. Bei den beweglichsten derselben genügen ein oder zwei feuchte und kalte Jahre, um die Gefahr eines „Ausbruches“ hervorzurufen. Bei anderen wieder erscheinen zwar im Firnfelde Schwankungen von mehrjähriger Dauer, ohne jedoch an der Gletscherzunge bemerkbar zu werden. Bei einer dritten, bisher noch wenig beachteten Reihe aber scheinen sich in der That derartige kürzere Perioden der Zunahme oder Abnahme zwischen den bekannten Epochen der allgemeinen Schwankungen auch an dem eigentlichen Eiskörper nachweisen zu lassen.“

Sieger vermutet, und Forel stimmt ihm darin bei, dass die seit 1875 im Gange befindliche Vorrückung immer zahlreicherer Gletscher der Westalpen ihren Höhepunkt bereits erreicht oder überschritten habe. „Zum mindesten ist der seit 1875 vorstossende Säntisgletscher seither wieder im Rückgang befindlich, und an dem ebenfalls seit 1875 vorrückenden Glacier des Bossons, sowie dem erst seit 1884 zunehmenden Glacier du Tour seit 1886 oder 1887 wieder ein Stillstand eingetreten. Wir dürfen um so gespannter den Nachrichten der nächsten Jahre über diese neuerliche Rückgangsbewegung entgegensehen, als dieselbe gerade

[1]) Mitteil. d Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1889. p. 22.

in dem Zeitpunkte deutlich zu werden beginnt, in welchem die Gletscher der Ostalpen endlich in die seit Jahren erwartete Vorstossbewegung einzutreten versprechen. Nicht bloss der Vorstoss seit 1875, der aus noch nicht aufgeklärten Gründen auf die Westalpen beschränkt blieb, und der ihm in den 80er Jahren folgende Rückgang, sondern auch das Auftreten sekundärer Maxima bald nach 1845 und bald nach 1815 finden durchaus ihre Begründung in dem Witterungscharakter und in den Schwankungen der Seen, welche ebenfalls entsprechende Hochstände aufweisen. Man sollte also erwarten, dass sie in viel zahlreicheren Beispielen belegt sind: allein bei der Lückenhaftigkeit, welche trotz aller eindringender Forschung unsere Kunde in bezug auf die älteren Jahrzehnte noch immer aufweist, ist es nicht möglich, zu sagen, ob diese „Schwankungen von kürzerer Dauer“ wirklich nur an so wenigen Gletschern, eben den empfindlicheren, eingetreten sind, oder ob sie infolge ihres geringeren Betrages und der ungenügenden Beobachtungen an vielen anderen einfach übersehen wurden.“

Über den Rückgang einiger Ötzthaler Gletscher hat Dr. S. Finsterwalder Mitteilung gemacht[1]). Hiernach ist der Rettenbachferner ein kleiner Thalgletscher, im Hintergrund des bei Sölden in das Ötzthal mündenden Rettenbachthales gelegen, im Verhältnis zu seiner Ausdehnung sehr stark zurückgegangen. Am Hochjochferner ist in der letzten Zeit eine Verkürzung der Längsaxe nicht zu bemerken, da das 10 *m* breite Ende auf eine längere Strecke schuttbedeckt in einer schmalen tiefen Schlucht ruht, und sich dessen äusserste Partien jedenfalls früher von der Hauptmasse des Gletschers lostrennen werden, ehe sie zusammengeschmolzen sind Nichtsdestoweniger ist der Rückgang im letzten Jahre sehr bedeutend gewesen und hat in der Breite an manchen Stellen gegen 20 *m*, in der Dicke 2 bis 3 *m* betragen. Der Hintereisferner ist 1889 stark zurückgegangen; seine Länge ist um ca. 30 *m* verringert worden. Der Vernagtferner hat zwar sein Aussehen in keiner Weise geändert, und bei nur oberflächlicher Betrachtung würde man nur wenige Meter Verkürzung seit dem letzten Jahre vermuten. Trotzdem bemisst sich dieselbe auf 25 *m*, wie eine am linken Ufer des Gletschers auf einem geschliffenen Felsen angebrachte Marke ausweist. Nach den Beobachtungen in den Firnfeldern ist eine fortdauernde Reduktion der Gletscher dieser Gruppe zu erwarten.

Die Pyrenäengletscher sind Gegenstand einer sehr sorgfältigen Untersuchung von Michellier gewesen[2]). Die kleinen Gletscher in der Umgebung des Sees von Orédon (1869 *m* über

---

[1]) Mitteil des Deutsch. und Österr. Alpenvereins 1889.

[2]) Ann. du bureau centr. méteorol. de France 1885. 1. S. B. 35. — B. 235.

dem Meere) sind seit 1856 bis 1880 in stetiger Abnahme. Der Gletscher am Pic Long hat heute nur 240000 *qm* Areal und 8.5 Millionen *qm* Eis verloren. Bis 1884 ist wieder eine Zunahme der Eismasse eingetreten. Die Neste, welche hauptsächlich von diesem Gletscher gespeist wird, hat in den sehr trockenen Jahren 1871 bis 1874 kaum eine Verminderung ihrer Wassermenge gezeigt, weil damals die Schmelzung des Eises und des Firnschnees im Hochgebirge sehr intensiv erfolgte.

Über die Gletscher des Kaukasus verbreitet sich auf Grund genauer Untersuchungen Douglas W. Freshield [1]). Nach ihm giebt es in der Hauptkette viele und darunter einige sehr grosse Gletscher. Unter diejenigen mit den grössten Kesselbecken zählt er diejenigen zwischen dem Djeper-Pass und dem Mamisson an der südlichen Seite, den Betscho, den Uschba, den Gvalda, den Thuber, den Zammer, Tetnuld und Adisch, ferner diejenigen an den Quellen des Rion. Auf der nördlichen Seite giebt es in jeder Schlucht einen grossen Gletscher, die grössten sind der Karagam und der Bezingi, zunächst kommen dann der Adylsu und eine Unzahl anderer, nicht nur auf der Hauptkette gelegen, sondern auch auf ihren Ausläufern, welche in einer Ausdehnung gefroren sind, von der die Feldstabskarte keinen Begriff giebt. Auf der paläozoischen Schieferkette, südlich von Swanetia, deren Gipfel sich über 12000 Fuss erheben, sind Gletscher, die der Grand-Paradiesgruppe bei Aosta nicht viel nachstehen.

Seen sind dagegen im Kaukasus nur wenig vorhanden. „Ich habe“, sagt der genannte Beobachter, der zu den besten Gletscherkennern gehört, „nie einen den Boden aushöhlenden Gletscher gefunden. und die Lage der meisten der kleinen alpinen Seen scheint mir für die Hypothese, dass ein Bett vom Gletscher ausgehöhlt worden, höchst unwahrscheinlich, da eine sehr grosse Anzahl von diesen Seen da ist, wo die Felsen am härtesten sind, unter den Granitfelsen des Adamello und der Seealpen. Sollten wir annehmen, das Eis habe gerade in dem härtesten Gestein gebohrt? Ich kann in der Natur keine Bestätigung für die Theorie finden, dass dieselben U-förmige oder breite Thäler im Gegensatze zu V-förmigen oder schmalen Schluchten aushöhlen. Was ich aber erkenne und behaupte, ist, dass die Gletscher den Boden vor schweren Regengüssen schützen, dadurch dass sie (ausgenommen. wo ihr Bett sehr steil und schmal ist, und die Wildbäche unter den Gletschern sich in einem einzigen Bette vereinigen) die unter denselben befindlichen Wassermassen verteilen und demnach ihre aushöhlende Kraft vermindern, ferner dass, indem sie das ganze in ihrem oberen Laufe gelegene lose Material mit sich führen und bei ihrem Zurückweichen dasselbe zurücklassen, sie den Thalgrund vor dem Aushöhlen schützen

[1]) Österr. Touristen-Zeitung 1889. Nr. 14.

und denselben ausfüllen. Die Schwankungen, welche dieselben in den letzten Jahren erfahren haben, stimmen in merkwürdiger Weise mit denjenigen der Alpengletscher überein. Im Jahre 1868 waren sie alle im Zurücktreten begriffen. Ungefähr im Jahre 1875 wendete sich die Strömung, im vorigen Jahre rückten diejenigen, welche wir beobachteten, merklich vor. Wie allgemein bekannt, rücken mehrere von den alpinen Gletschern jetzt rapid vorwärts; natürlich nehmen jene die erste Reihe in der Vorwärtsbewegung ein, die den steilsten und geschwindesten Stromfall besitzen."

Die Gletscher Neuseelands sind von R. v Lendenfeld stutiert worden [1]). Trotzdem der nordwestliche Abhang des Gebirges auf der südlichen Insel den Sonnenstrahlen mehr ausgesetzt ist, als der Südostabhang, so reicht doch die Grenze des ewigen Schnees dort bis zu 1700 *m* über dem Meere herab, während die Schneegrenze am Südostabhang durchschnittlich 2000 *m* über dem Meere liegt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Schneefall am Nordwestabhang um vieles bedeutender ist, als am Südostabhange.

Die Eis- und Schneebedeckung ist auf Neuseeland viel grösser als in Europa, auch ist dort das Verhältnis zwischen Firn und Eis ein ganz anderes. Der grösste Eisstrom Neuseelands, der Tasmangletscher, hat mit dem Aletschgletscher nahe gleiche Grösse; beide unterscheiden sich aber wesentlich dadurch, dass beim Aletsch das Verhältnis der Eisstromfläche zur Firnfläche 30 : 100; beim Tasman aber 116 : 100 ist.

Früher war Neuseeland offenbar viel mehr vergletschert als heute. „Gut erhaltene Gletscherspuren gehen hoch hinauf an den Thalhängen und tief hinab bis ans Meer. Viele Eisströme erreichten zu jener Zeit die heutige Strandlinie des westlichen Meeres, nicht nur in der Nähe der höchsten Erhebungen der neuseeländischen Alpen, sondern auch weiter im Süden, am Rande des südlichen Plateaus. Die Gletscher der Eiszeit haben auf die Thal- und Fjordbildung einen grossen Einfluss ausgeübt, einen Einfluss, welcher der Landschaft einen eigentümlichen Charakter eingeprägt hat. In den westlichen Steilrand des Plateaus, im südwestlichen Teil der Insel, sind 13 grosse Fjorde eingeschnitten. Der nördlichste von ihnen, der Milfordsund, liegt in 44° 32′ südl. Br. und ist demnach der dem Äquator zunächst liegende Fjord auf der Erde. Hohe Felsgipfel entragen dem Tafelland in seiner Umgebung. Ringsum steigen 70° bis 80° steile Felswände jäh aus dem Wasser auf; nur im Hintergrunde des Fjords liegt, an der Einmündung des Cleddyflusses, eine kleine alluviale Ebene. An vielen Stellen erreichen die Felswände, welche den Fjord einschliessen, eine Höhe von 1000 *m*

[1]) Naturw. Rundschau 1890. Nr. 23.

und darüber." Verfasser hat [1]) die Masse der dreizehn Fjorde an der Westküste Neuseelands zusammengestellt. „Aus dieser Tabelle ergiebt sich folgendes: 1. Die Fjorde liegen zwischen 44° 32′ und 46° 8′ südl. Br. 2. Sie haben eine durchschnittliche Länge von 25.5 *km* und eine durchschnittliche Breite von 2 *km*. 3. Das vorliegende Meer ist durchschnittlich 81.5 *m* tief und in 8 von den 13 Fällen nicht tiefer als der Eingang. 4. die durchschnittliche Tiefe des Einganges beträgt 100 *m*. 5. Die Maximaltiefe im Innern des Sundes beträgt im Mittel 227 *m* und ist in allen Fällen bedeutender wie die Tiefe des Einganges und auch wie die Tiefe des vorliegenden Meeres.

Die Untiefe, welche sich vor den Fjordeingängen ausbreitet, hat eine sehr bedeutende Ausdehnung. Die mittlere Maximaltiefe — 227 *m* — wird erst in einer Entfernung von 30 *km* von der Küste angetroffen, während die grösste beobachtete Fjordtiefe — 360 *m* in Milfordsund — überhaupt nicht in der Nähe der Küste gefunden wird."

Lendenfeld glaubt, dass der Gletscher aktiv kleinere vorhandene Erosionsthäler zu tiefen Fjorden ausschleift. Im Innern der Insel finden sich, den Fjorden gegenüber, zahlreiche, tief eingeschnittene, schmale und lange Seen, welche wohl, ebenso wie die Fjorde, Gletschern ihre Entstehung verdanken. „Aus dem Vorhandensein der Fjorde und Seen, sowie aus den Gletscherschliffen, denen man allenthalben auf dem Plateau begegnet, lässt sich schliessen, dass dieser Teil Neuseelands, der wegen seiner geringen Höhe heute nur kleine Gletscher besitzt, zur Eiszeit mit einer mächtigen Firnlage bedeckt war, von welcher ebenso, wie dies heute in Grönland der Fall ist, grosse Eisströme herabkamen durch die Einkerbungen im Rande des Tafellandes. Diese Einkerbungen — Erosionsthäler aus früherer Zeit — wurden durch jene Gletscher erweitert und ausgetieft und in prächtige Fjorde verwandelt.

Alten Moränen begegnet man am Südostabhang des Gebirges, wo die Gletscher der Eiszeit nach Haast nicht hinabreichten, bis zur heutigen Strandlinie. Hier haben sich in den Hauptthälern riesige Moränen gebildet, von denen vielerorts noch deutliche Reste vorhanden sind. Obwohl weit draussen in den vorgeschobenen Hügelketten und auf der grossen östlichen Ebene Moränenreste häufig sind, so werden doch die grossartigsten und besterhaltenen Gesteinsanhäufungen dieser Art näher dem Gebirge angetroffen Es sind dies Endmoränen, welche später gebildet wurden, als die am weitesten vorgeschobenen in der Ebene. Sie entstanden nicht zur Zeit der Maximalausdehnung der Gletscher, sondern nachdem der Rückzug derselben begonnen hatte. Ihre Grösse weist darauf hin, dass während des allmählichen Rück-

[1]) Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik **10.** Heft 7.

zuges der Gletscher ein lange andauernder Stillstand eingetreten sei, während dessen diese Endmoränen entstanden.

Seit der Zeit, als diese Riesenmoränen gebildet wurden, scheinen die Gletscher stetig und ziemlich rasch zurückgegangen zu sein, da man oberhalb der Seedämme bis in der nächsten Nähe der gegenwärtigen Gletscherstirnen keine Moränen mehr findet."

v. Lendenfeld betont, dass gegenwärtig die südliche Erdhälfte weit mehr vergletschert ist, als die nördliche, und führt dies darauf zurück, dass dort die Temperatur gleichmässiger und die Luft feuchter ist. „Die Gleichmässigkeit der Temperatur sowohl als der höhere Feuchtigkeitsgehalt der Luft werden durch die grössere Ausdehnung der Wasserfläche auf der südlichen Hemisphäre bedingt; die grosse relative Ausdehnung des Meeres ist also die Ursache der Vergletscherung des Südens. Würde das Meer auf der nördlichen Hemisphäre um einige 100 *m* ansteigen, alle Flachländer überflutend, so würden die Gletscher, trotz der Abnahme der absoluten Höhe der Gebirge, doch beträchtlich zunehmen und wahrscheinlich stellenweise bis zum Meere herabsteigen. Thatsächlich waren einige Teile Europas (norddeutsche Tiefebene, Zentralrussland) zur Eiszeit überflutet. Wir könnten uns also zu dem Schlusse berechtigt fühlen, dass die Eiszeit in Europa eine Folge des damaligen höheren Standes des Meeres auf der nördlichen Halbkugel gewesen sei."

Bezüglich Neuseelands findet v. Lendenfeld, dass infolge der ganzen Lage und der hypsometrischen Verhältnisse desselben eine negative Strandverschiebung, also ein Sinken des Seespiegels um 300 *m*, eine Eisperiode verursachen würde. „Es würde also im Fall einer solchen Strandverschiebung Neuseeland, ohne viel grösser zu werden, und ohne dass das Klima wesentlich trockener und ungleichmässiger würde, an Höhe um 300 *m* zunehmen. Die Firnlinie und die Gletscher würden dementsprechend um nahezu 300 *m* tiefer herabsteigen, die weiten Plateaus, die jetzt unter der Schneegrenze liegen, würden für die Ansammlung von Firn gewonnen, und es entständen grosse Eisströme, ähnlich jenen, die während der neuseeländischen Glacialperiode thatsächlich bestanden haben.

Ganz so verhält es sich in Australien und in Patagonien. Afrika liegt dem Äquator bereits zu nahe, um durch eine Erhebung um 300 *m* zu bedeutenderer Gletscherentwickelung veranlasst zu werden.

In der nördlichen Hemisphäre würde eine negative Strandverschiebung diesen Effekt nicht haben, weil hier die submarinen Böschungen teilweise viel weniger steil sind, und daher eine solche Strandverschiebung — um 300 *m* — die nördlichen Meere der Art einengen würde, dass das Klima trockener und für die Gletscherbildung weniger geeignet würde. Diesem Trockener-

werden des Klimas würde das Kälterwerden infolge von Höhenzunahme zwar mehr als die Wage halten, und es würden die Gletscher deshalb grösser werden, als sie jetzt sind, aber noch lange nicht so gross, als sie zur Eiszeit waren.

Nach diesen Bemerkungen können wir es wohl wagen, den Schluss zu ziehen, dass die Eiszeit der südlichen Hemisphäre durch einen niedrigeren, jene der nördlichen aber durch einen höheren Wasserstand verursacht worden sei."

Studien am Pasterzengletscher in bezug auf dessen Rückgang stellte F. Seeland an [1]). Hiernach ist dieser Gletscher von 1879—1889 an den beobachteten Stellen im ganzen 53 *m* zurückgewichen. Der Rückgang von 1888—1889 im September betrug im Mittel 6.73 *m* und ist etwas kleiner als im Vorjahre, aber doch in der Reihe der Messungen der viertgrösste.

Eine Darstellung der Gletscher im französischen Teile der Alpen und Schilderungen der Spuren vorhistorischer Vereisung in Frankreich giebt Falsan [2]). Die Aufzählung der Thatsachen wird hier recht vollständig gegeben, die Erklärung der Eiszeit jedoch, welcher der Verfasser huldigt (nämlich allmähliche Abkühlung der Sonne), ist ganz unhaltbar.

Die Traditionen über früher begangene, gegenwärtig aber vergletscherte Hochpässe der Schweizer Alpen besprach Schultze [3]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass die Angaben hierüber zu zahlreich und bestimmt seien, um sie einfach abzuweisen. Man müsse zugeben, dass man in früherer Zeit die Alpen an einer Reihe von Punkten überschritten hat, wo jetzt nur noch der geübte Hochalpinist einen Übergang wagt. Jene Pässe können also zu der Zeit, wo sie benutzt wurden, nicht in dem Zustande gewesen sein, in dem sie heute sind. Wer die Ersteigungsgeschichte der Alpen kennt, der weiss, dass sich auch kühne Hirten und Jäger von selbst nur an solche Berge wagten, die in die Kategorie der Felsberge gehören, dass sie dagegen vor grösseren Gletschertouren ausnahmslos zurückschreckten, zu diesen erst durch die Initiative der gebildeten Alpinisten veranlasst wurden. Es sei daher so gut wie undenkbar, dass man früher Pässe begangen haben sollte, bei denen man sich viele Stunden auf Gletschern, ja auch auf zerklüfteten, auf steilen Gletschern bewegen musste, und zwar gilt dies von allen häufiger benutzten Pässen, nicht bloss von denen, die mit Saumtieren befahren sein sollen, wo es sich von selbst versteht, dass es sich damals nicht um eigentliche Gletscherpässe gehandelt haben kann. Es bleibt somit nur der Schluss übrig, dass zu der Zeit, wo jene Pässe im Gebrauch waren, die Gletscher der Alpen eine sehr bedeutend geringere Ausdehnung gehabt haben als heut-

[1]) Zeitschr. d. Deutsch. und Österr. Alpenvereins **21.** p. 488. 1890.
[2]) La période glaciaire en France et en Suisse. Paris 1889.
[3]) Mitteil. d. Deutsch. u. Österr. Alpenvereins 1889. Nr. 9 u. 10.

zutage, wo sie doch gegen früher schon stark zurückgegangen sind. Man dürfte mit der Behauptung kaum fehlgehen, dass sich nirgends nachweisen lässt, dass in historischen Zeiten die Gletscher eine grössere Ausdehnung erreicht haben als in diesem und im vorigen Jahrhundert. Überall in den Alpen ist die Sage verbreitet von der Übergossenen Alp, d. h. von einer ehemals blühenden Alp, die wegen des Übermuts ihrer Bewohner im Eis vergraben wurde So wenig man nun auch im einzelnen Falle diese Sage als historisches Argument benutzen darf, man wird doch aus ihr entnehmen können, dass es nach der Vorstellung der Alpenbewohner eine Zeit gab, wo die Alpen weit weniger vergletschert waren.

Nur darf man sich dies Schwinden der Gletscher nicht so gross denken, als seien jene Pässe in der Zeit, wo sie begangen wurden, vollkommen schneefrei gewesen. Nur die Übergänge, die mit Saumtieren befahren wurden, wird man sich als annähernd schneefrei vorstellen müssen; die anderen dagegen hat man sich als ganz leichte Gletscherpässe zu denken, etwa wie jetzt Pfandelscharte, Hochjoch und Monte Moro, vielleicht auch noch so wie den Col de S. Théodul; nur von den steileren Hängen wird man allerdings annehmen müssen, dass sie ganz firnfrei waren. Eine weitere Frage wäre dann die, ob dieses starke Zurückgehen der Gletscher in den Alpen allgemein stattfand oder, wie es fast scheint, sich beschränkte auf gewisse Gebiete der Westalpen, vor allem auf das Berner und das Walliser Hochgebirge."

12. Die Lufthülle der Erde. Allgemeines.

Die Höhe der Atmosphäre hat Liais aus dem Umstande, dass das Licht des Himmels im Zenith nach einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisiert war, wenn die Sonne selbst 18° unter dem Horizont stand, auf 39, ja 43 Meilen berechnet. Hierbei wurde angenommen, dass die Sonne auch in jener Stellung die Luftteilchen im Scheitelpunkt des Beobachters direkt beleuchtet haben müsse. Diese Schlussfolgerung ist indessen nach einer neuen Untersuchung von Soret [1]), worauf W. König hinweist [2]), irrig. „Soret behandelt in seiner Untersuchung die Diffussion zweiter Ordnung, d. h. den Vorgang der Lichtzerstreuung durch eine Luftmasse, welche sich im Schatten der Sonnenstrahlen befindet, ihre Beleuchtung daher nur von den direkt bestrahlten Teilen der Atmosphäre durch eine Diffusion erster Ordnung empfängt. Er weist durch mathematische Analyse des Vorganges nach, dass das Licht, welches von einer solchen beschatteten Luftmasse zerstreut wird, zu einem weitaus grössten

[1]) Compt. rend **106.** p. 203. — Ann. de chim. et phys. [6.] **14.** p. 1.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 17.

Teile dieselben Eigenschaften besitzt, wie das einmal zerstreute Sonnenlicht, d. h. auch bei ihm findet sich das Maximum der Polarisation in der Richtung, welche senkrecht auf der vom betrachteten Punkt nach der Sonne gezogenen Geraden steht, und das Licht ist polarisiert in der durch jene Gerade und das Auge des Beobachters gelegten Ebene. Danach ist es aber gar nicht erforderlich, dass jenes Licht, dessen Polarisationszustand Liais beobachtete, von einer direkten Beleuchtung der Atmosphäre durch die Sonnenstrahlen herrührte. Es kann sehr wohl diffuses Licht zweiter oder höherer Ordnung gewesen sein, und würde trotzdem noch immer den von Liais beobachteten Polarisationszustand aufgewiesen haben Damit fällt das Fundament für diejenigen Schlüsse, welche man hinsichtlich der Höhe der Atmosphäre aus den Beobachtungen von Liais abgeleitet hat."

Der Gehalt der Luft an Staubteilen und dessen Einfluss auf die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wird seit längerer Zeit von John Aitken studiert[1]) nach einem Verfahren, das im Original nachgelesen werden muss. Die Ergebnisse sind noch nicht zahlreich genug, um zu Mittelwerten verwendet zu werden, doch bieten sie manches Interessante. So fanden sich in 1 *ccm* Luft im Freien bei Regen 32000 Teilchen, bei schönem Wetter 130000, in Stubenluft in 4 Fuss Höhe 1860000, in Luft über der Bunsen'schen Flamme 30000000. Auf einem 30 *m* hohen Hügel bei Hydras (Südfrankreich) schwankte der Gehalt zwischen 3550 und 25000, in Mentone zwischen 1200 und 7200, auf Rigi-Kulm zwischen 210 und 2000, auch in Vitznau am Fusse des Rigi war er nicht wesentlich grösser. Auf dem Eiffelturm sind die Grenzen 226 und 104000, in Paris 160000—210000, in London 48000 und 116000, im schottischen Hochland 205 und 4000, auf dem Ben Nevis 335 und 473. Die Verunreinigung der Luft mit Staubpartikelchen ist also fern von menschlichen Ansiedlungen ein Minimum, ein Maximum dagegen in den grossen Städten. Die Durchsichtigkeit der Luft wird dagegen nach Aitken's Erfahrungen weder allein durch den Staubgehalt, noch allein durch die Feuchtigkeit beeinflusst, sondern lediglich vom Zusammenwirken beider. In Cyklonen ist der Staubgehalt geringer als im Gebiet barometrischer Maxima, auch bei Nebel ist er erheblich.

13. Temperatur.

Die Sternenstrahlung und die Temperatur des Weltraumes spielten vor etwa einem halben Jahrhundert in der Wissenschaft eine gewisse Rolle. Fourier und Poisson haben sich theoretisch damit beschäftigt, und Pouillet hat Versuche nach dieser Richtung hin angestellt. Unter der Temperatur des Welt-

[1]) Nature **37.** p. 428. — Ibid **14.** p. 394.

raumes wurde diejenige Temperatur verstanden, welche eine die Wärme vollständig absorbierende Masse ohne Atmosphäre an Stelle der Erde im Weltraume lediglich unter dem Einflusse der Wärmestrahlung der Sterne annehmen würde. Fourier glaubte, dass diese Temperatur nur wenig niedriger sei als die geringste auf der Erde vorkommende Temperatur, also etwa -50^0 oder -60^0 C. betrage. Pouillet gab die ersten absoluten Bestimmungen der Grösse der Strahlung des Weltraumes, indem er berechnete, dass die gesamte Wärme des interplanetaren Raumes oder die Sternenstrahlung, welche auf unsere Atmosphäre auftrifft, volle $^5/_6$ von der mittleren Strahlung der Sonne ausmachen soll (ca. $^4/_{10}$ Kalorie per Quadratzentimeter und Minute), ein Wert, der dann hinwiederum auf Grund der Dulong-Petit'schen Formel, beziehungsweise des von Pouillet selbt abgeleiteten ersten Theorems über die Abhängigkeit der Wärmeemission von der Temperatur des strahlenden Körpers zu jenem berühmten, merkwürdigen Resultate führte, dass „die Temperatur des Weltraumes“ -142^0 C. betrage.

Dr. Maurer macht nun darauf aufmerksam [1]), dass dieses Ergebnis für die heutige Zeit alle und jede Bedeutung verloren habe, und dass damit auch alle darauf gegründeten Spekulationen wertlos sind. „Ganz abgesehen“, sagt er, „von den ungenügenden, gar nicht bindenden physikalischen Grundlagen, auf welchen überhaupt seine Rechnung betreffend die Grösse der Sternenstrahlung ruht, leitete Pouillet seine Resultate aus der Annahme ab, dass die Solarkonstante, also diejenige Wärmemenge, welche die Sonne in einer Minute an der Grenze der Atmosphäre auf eine Fläche von einem Quadratzentimeter bei senkrechter Bestrahlung absetzt, 1.76 Kalorien betrage. Die neuere Zeit hat nun bekanntlich diese letztere Grösse mit Recht nicht unbeträchtlich erhöht; greifen wir einige der jüngeren Bestimmungen heraus, so lieferten Violle's bekannte Messungen für die Solarkonstante den Wert 2.56 Kalorien, und Langley ist ja der Ansicht, dass dieselbe wohl 3 Kalorien, wenn nicht mehr, erreichen dürfte. Einzig und allein nur die Substitution dieser Werte an Stelle der Pouillet'schen in die Formeln des letzteren ändert aber das Fazit bezüglich der Sternenstrahlung und der Temperatur des Weltraumes ganz gewaltig: Mit Violle's Resultat der Solarkonstanten fällt die letztere auf nahe -273^0, mit Langley's Angaben rückt die Temperatur des Weltraumes gar gegen $-\infty$ hin, womit die Sternenstrahlung dann von selbst verschwindet! Alles, was nach Pouillet über den Betrag der Sternenstrahlung und die Temperatur des Weltraumes da und dort herausgerechnet worden ist, hält ebenso wenig Stand vor einer ernstlichen Kritik; die gegebenen Daten sind gewöhnlich Zahlwerte, welche unter bestimmten Prämissen

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1890. p. 18 u. ff.

und mit Zuhilfenahme mathematischer Fiktionen erhalten worden sind, die für die wirklich bestehenden Verhältnisse keine Bedeutung haben, und für deren Richtigkeit folglich niemand einstehen kann.

Dr. Maurer zeigt auch im einzelnen, dass es zur Zeit ganz unmöglich ist, über die Grösse der Energiemenge, welche uns aus dem Weltenraume durch Sternenstrahlung zukommt, auch nur die allerersten Näherungswerte zu erhalten. „Wirkliche Thatsachen, welche beweisen könnten, dass die Sternenstrahlung eine irgendwie merkliche Grösse besitzt, liegen bis jetzt keine vor. Solange aber solche Thatsachen nicht existieren, hat es gar keinen Zweck, von einer sogenannten „Temperatur des Weltraumes" im obigen Sinne zu sprechen; überhaupt dürfte es an der Zeit sein, mit dieser alten, primitiven Idee einmal aufzuräumen.

Wir können heute nur so viel sagen: Alles deutet darauf hin, dass die Energiemenge, welche uns aus dem interplanetaren Raume vermöge der Radiation von Körpern hoher und niedriger Temperatur zugestrahlt wird, jedenfalls und namentlich im Vergleich zur Sonnenwärme und zur eigenen Strahlung der Atmosphäre, von der sie, obigen Erörterungen zu Folge, gar nicht zu trennen, ganz belanglos ist. Dass die Sternenwärme aber jemals zur Erklärung gewisser meteorologischer Vorgänge an der Erdoberfläche, die eine ausserirdische, also kosmische Ursache verlangen, mit Erfolg herbeigezogen werden könne, daran ist noch viel weniger zu denken "

Die Sonnenstrahlung. Zur Bestimmung der Sonnenkonstante und behufs Entscheidung der Frage, ob der tägliche Gang der Sonnenstrahlung auf einem Berge ähnlich demjenigen ist, den die früheren Beobachtungen zu Montpellier ergeben haben, hat Crova auf dem Mont Ventoux (1907 *m*) und gleichzeitig im Dorf Bedoin (309 *m*) Beobachtungen im Sommer 1888 veranstaltet [1]) Es ergab sich, dass die Schwankungen auch auf dem Berggipfel vorhanden sind, aber mit geringerer Amplitude und nicht gleichzeitig mit jenen, die in Montpellier auftreten. Am letzteren Orte wurde zu Mittag regelmässig eine Einsenkung der Strahlungskurve festgestellt; dasselbe findet auch auf dem Ventoux statt, und die Einsenkung entsteht wahrscheinlich infolge des vertikalen Aufsteigens von Wasserdampf. Der Wert der Sonnenkonstante fand sich in der Höhe von 1900 *m* annähernd zu 3 Kalorien, also nicht sehr verschieden von demjenigen Werte, zu dem Langley gelangt ist. Crova ist indessen der Überzeugung, dass in noch grösserer Höhe sich auch ein noch grösserer Wert für die in Rede stehende Konstante ergeben hätte.

Beobachtungen über die Strahlung der Sonne hat auch Knut Angström ausgeführt [2]), und zwar nach einer ihm

---

[1]) Compt. rend. **108.** p. 35.

[2]) Bihang Till dvenska Vet. Akad. **15.** Afd. I. Nr. 10. Wochenschrift f. Astronomie u. Meteorologie 1890. Nr. 14—16

eigentümlichen Methode für kalorimetrische Bestimmungen. Die zur Berechnung benutzten Beobachtungen wurden im Sommer 1888 angestellt und diskutiert, um die Beziehung zwischen atmosphärischer Schichtdicke und Stärke der Sonnenstrahlung unter normalen Verhältnissen zu bestimmen. Natürlich haben die Ergebnisse zunächst nur eine lokale Bedeutung, auch ist die Zahl der Tage, an welchen die Atmosphäre so rein und unverändert bleibt, dass man die Beobachtungen wirklich zu einer genauen Untersuchung benutzen kann, nur sehr gering. Angström erhielt nur am 18. und 19. Juli brauchbares Beobachtungsmaterial, und schliesslich wurden nur die Aufzeichnungen des letzteren Tages benutzt. Angström findet seine Messungen nicht in Übereinstimmung mit dem einfachen Absorptionsgesetze und sucht zu zeigen, dass das steile Ansteigen der Kurve, welche die Strahlungsintensität darstellt, bei grosser Sonnenhöhe, für welches die Durchlässigkeitskoeffizienten Langley's keine Auskunft geben, durch die Absorption erklärt werden kann, welche die Kohlensäure der Atmosphäre auf die Wärmestrahlen der Sonne ausübt. Dadurch sind nach seiner Meinung auch die beträchtlichen Abweichungen zu erklären, welche die Bestimmungen anderer Beobachter gegen einander zeigen, indem geringe Veränderungen im Kohlensäuregehalt der Atmosphäre sich sehr merklich machen; doch spielt auch sicherlich der Wasserdampf bei Absorption des ultravioletten Teiles des Sonnenspektrums eine Rolle.

Was die Sonnenkonstante, also die Strahlung ausserhalb der Atmosphäre anbelangt, so glaubt Angström, dass man zu deren Ableitung nicht wohl berechtigt sei, weil es ohne Zweifel doch auch Wärmestrahlen gebe, die bereits in den obersten Schichten der Atmosphäre absorbiert würden. Man könne höchstens einen unteren Wert bezeichnen, welchen die Konstante haben müsse, und er findet dafür den Wert 4, also erheblich mehr, als von anderer Seite dafür ermittelt worden ist. Dennoch hält er diesen Wert noch für zu gering und ist überzeugt, dass es Sonnenstrahlen von beträchtlicher Intensität giebt, welche niemals zu uns gelangen. Der letztere Schluss wird aber wohl nur von wenigen in diesem Umfange gutgeheissen werden.

Die genaue Ermittelung der Lufttemperatur ist eine Aufgabe, die weit schwieriger ist, als der Uneingeweihte glaubt. Wild hat vor längerem eine eigentümliche Aufstellung der Thermometer in einer „Normalhütte“ ausgeführt, Assmann dagegen ein Aspirationsthermometer erdacht, um damit die wahre Lufttemperatur zu bestimmen. Wild hat die Lufttemperatur dieses letzteren Apparates als ungenügend befunden [1]), doch ist seine Prüfungsmethode völlig ungeeignet, und das Aspirationsthermometer, besonders mit den Verbesserungen, welche Assmann

[1]) Rep. f. Meteorologie **12.** Nr. 11.

ihm gegeben hat [1]), ein vortreffliches Instrument zur genauen Ermittelung der Lufttemperatur. Versuche über die beste Methode zur Bestimmung der Lufttemperatur hat Köppen angestellt [2]). Er kommt zu dem Resultate, dass „das kleine, frei dem Winde exponierte Gefäss eines Quecksilberthermometers mit dünnen Glaswänden in Bezug auf das Verhältnis der Strahlung zur Leitung so günstige Bedingungen darbietet, wie sie durch kein dasselbe umgebendes Gehäuse erreicht oder übertroffen werden, solange man nur natürliche Ventilation anwendet. Bei einseitiger Strahlung kann indessen diese ausgeschlossen werden, ohne die Luftbewegung allzusehr zu verringern, und zwar müssen dazu zwischen Strahlungsquelle und Thermometergefäss, in genügender Entfernung vom letzteren, Objekte sich befinden, deren dem Thermometer zugekehrte Seite nicht mehr wesentlich von der Strahlungsquelle beeinflusst wird, oder doch nur in demselben Masse, wie die Lufttemperatur. Nicht zum Schutz gegen Strahlung, wohl aber zur Verhütung der Benetzung und der Beschädigung der Thermometer empfiehlt sich allerdings eine Schutzvorrichtung, die aber so einfach und luftig wie möglich sein sollte. Damit ist also in aller Form über die mehr oder minder künstlichen „Beschirmungen“, welche man in den beiden letzten Jahrzehnten erdacht hat, um dem Thermometer ein richtigere Angabe der Lufttemperatur zu ermöglichen, der Stab gebrochen; Thermometergehäuse und -hütten sind in jedem Falle schädlich, und die freie Aufhängung ist vorzuziehen.

Die Änderungen der Temperatur mit der Höhe sind von André studiert worden, der in der Nähe von Lyon an drei Stationen in 175, 300 und 625 *m* Höhe registrierende Instrumente aufstellen liess [3]). Die Aufzeichnungen umfassen die Jahre 1881 bis 1884. Im Jahresmittel hat man:

	Temperatur	mittleres Maximum	mittleres Minimum	tägliche Amplitude
in 175 *m* Höhe	10.9° C.	16.4° C.	6.1° C	10.3° C.
„ 300 „ „	10.7	15.5	6.8	8.6
„ 625 „ „	8.8	12.6	5.8	6.8

Über die Ursache der Abnahme der Temperatur mit der Höhe in der Atmosphäre hat Prof. A. Schmidt sich verbreitet [4]). „Diese Abnahme“, sagt er, „ist eine allgemeine, in den unteren Schichten der Atmosphäre unregelmässige, in den oberen Schichten regelmässige Erscheinung. In Betreff der Erfahrungsresultate möge hier zur Würdigung des theoretischen Resultates angeführt werden, dass aus James Glaisher's Beobachtungen im

[1]) Meteor. Zeitschr. 1889. p 278.
[2]) Archiv der deutschen Seewarte **10.** Nr. 2.
[3]) André, Influence de l'altito de sur la témperature, Lyon 1887.
[4]) Mathemat.-naturwissenschaftl Mitteil. 1889. **3.** 1. Wochenschrift für Astronomie u Meteorologie 1890. Nr. 7 u. 8.

Ballon sich für die unteren Schichten im Mittel eine Temperaturabnahme von 1° C. auf 145 *m* Erhebung ergiebt.

Die Erscheinung schliesst zunächst einen Widerspruch mit dem Gesetz der Schwere ein, insofern ceteris paribus kalte Luft schwerer ist, als warme, und da der Ausdehnungskoeffizient der Luft beträchtlich grösser ist, als der des Wassers, so muss bei der Luft das Bestreben der kälteren Schichten, sich unter den wärmeren abzulagern, eine vergleichungsweise viel grössere sein, als beim Wasser. Wenn also thatsächlich die oberen Luftschichten kälter sind, als die unteren, so muss es eine Ursache geben, welche das unter einseitiger Berücksichtigung des Mariotte'schen Gesetzes aus der Gravitation entspringende Bestreben nicht nur ausgleicht, sondern sogar die Temperaturgleichheit aufhebt und bewirkt, dass die oberen Schichten die kälteren werden.

Dass die Erwärmung der untersten Luftschicht durch Leitung bei Berührung mit der Erdoberfläche unter Umständen hierbei ein sehr wirksamer Faktor sein kann, beweisen die auffallendsten Thatsachen.

Diese Wärmeleitung vom Erdboden kann aber die gesuchte allgemeine Ursache deswegen nicht sein, weil letztere auch zu Zeiten, wo die Wärmeleitung des Bodens sich in ihr Gegenteil verkehrt, fortdauert. Als die gesuchte Ursache müssen wir Temperaturänderungen ansehen, welche auf- oder absteigende Luftmengen den Gesetzen der Wärmetheorie entsprechend erleiden. Hier teilen sich nun die Anschauungen der Meteorologen. Während die Mehrzahl derselben die Wärmeänderungen aus der Kompression und Expansion herleitet, welche die absteigende und aufsteigende Luft dem Barometergesetz entsprechend erleidet, so vertreten Guldberg und Mohn[1]) eine andere Ansicht. Für sie sind diese Wärmeänderungen das Äquivalent derjenigen Arbeit, welche zum Heben der Luftmengen verbraucht oder beim Fallen gewonnen wird.

Merkwürdigerweise kommen beide Anschauungen zu demselben Ergebnis der Rechnung, dass nämlich trockene atmosphärische Luft in vertikaler Säule dann im indifferenten Gleichgewicht sei, wenn die Temperatur ziemlich genau auf 100 *m* um einen Grad C. abnehme. Ist die Abnahme der Temperatur eine raschere, so sei das Gleichgewicht ein labiles, umgekehrt ein stabiles.

Die Versuchung liegt sehr nahe, die Gleichheit des Resultats als eine Bestätigung der einen Vorstellungsweise durch die andere anzusehen, beides als gleichberechtigte Betrachtungsweisen von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufzufassen. So finden sich beide Betrachtungsweisen bei A. Ritter[2]) zur gegenseitigen

[1]) Zeitschr. der österr. Gesellschaft für Meteorologie 1878. p. 113 u. f.
[2]) Wiedemann's Annalen **5.** p. 405. 1878.

Bestätigung neben einander gestellt, und ebenso bei Sprung[1]). Allein nicht ganz mit Unrecht macht v. Bezold[2]) die Bemerkung, dass, wenn beide Anschauungen richtig wären, sich für die Temperaturänderungen mit der Höhe genau die doppelten Beträge ergeben müssten". Schmidt zeigt nun des näheren, dass die Guldberg-Mohn'sche Grundanschauung die einzig zulässige ist.

Die Nachttemperatur auf hügeligem Boden ist vom Grafen d'Espiennes zu Sey in der Provinz Namur durch eine Reihe von Beobachtungen untersucht worden, um festzustellen, wie sich bei heiterem Himmel die Luftbewegung längs der Abhänge gestaltet[3]). Der Beobachter wurde zu diesen Untersuchungen veranlasst durch die Wahrnehmung, dass bei den Frösten im Winter 1879—1880 fast sämtliche Bäume in den Thalgründen vernichtet worden waren, während auf den Abhängen und den Gipfeln der Hügel nur wenige Verheerungen eintraten. Die Beobachtungen geschahen, indem Thermometer gleichzeitig auf dem Gipfel und den Abhängen der Hügel und in den Tiefen der Thäler abgelesen wurden. Die Beobachtungen fanden nur bei windstiller Luft statt, und um die Bewegung der Luft an der Oberfläche des Bodens zu erkennen, wurden dort kleine Kerzchen angezündet, welche durch die Richtung der Flamme, selbst die schwächste Strömung der Luft nach Richtung und Stärke erkennen liessen. Als Ergebnis dieser sorgfältigen Beobachtungen fand sich: 1. dass während ruhiger, klarer Nächte (aber nur in diesen) die Luft, indem sie erkaltet, nach Untergang der Sonne von dem Gipfel der Hügel in den Grund der Thäler abfliesst und deren Lauf folgt, mit geringer oder grösserer Geschwindigkeit je nach der Neigung derselben; 2. die niedrigsten Temperaturen finden sich stets in den Thälern, vorzugsweise, wenn diese geringen oder gar keinen Fall haben. Wenn unter letzteren Umständen irgend ein Hindernis, z. B. ein Gehölz, ein Erdwall oder dergl. das Thal absperrt, so stagniert die kalte Luft und bildet gewissermassen einen Luftsumpf, in welchen selbst zur Sommerszeit die Temperatur auf 0° und sogar darunter sinken kann, indem die Ausstrahlung während des Stagnierens fortfährt, die Temperatur zu erniedrigen. An solchen Punkten bilden sich dann in ruhigen, klaren Nächten gern jene intensiv weissen Nebel in Schichten von einigen Metern Dichtigkeit, welche ungeachtet der Kondensation der Dämpfe und des Schutzes gegen die Ausstrahlung, welche sie gewähren, d. h. durch ihre Frostkälte im Frühjahre und selbst im Sommer dem Kartoffelkraut und den Küchengärten verderblich werden. Diese Untersuchungen beweisen, dass zarte Kulturpflanzen nicht in den Tiefen zwischen Hügeln gezogen werden dürfen, denn in solchen Thälern herrscht

[1]) Lehrbuch der Meteorologie p. 162 u. f.
[2]) Mitteil. der Berliner Akademie 1888. p 487 u. ff.
[3]) Ciel et terre 1890. Nr. 4 p. 80.

bei Tage nicht selten eine wahre Gluthitze, während in den darauf folgenden Nächten die Temperatur vielleicht unter den Gefrierpunkt sinkt.

Temperaturbeobachtungen auf dem Gipfel des Eiffelturmes, 301 *m* über dem Boden und 336 *m* über dem Seespiegel, sind seit Juli 1889 mittels eines selbstregistrierenden Thermometers, dessen Angaben oft und in ausreichender Weise kontrolliert wurden, angestellt worden [1]). Unter den gewöhnlichen Annahmen, dass die Wärme für je 180 *m* Höhenzunahme um 1° C. sinkt, müsste die Temperatur auf der Spitze des Turmes um 1.59° im Mittel niedriger sein als die der Umgebung von Paris. In Wirklichkeit findet sich, dass die Differenz im Sommer und bei Tage (Mittel der Maxima) viel grösser ist und viel kleiner im Winter und während der Nacht (Mittel der Minima), wo man in der Regel sogar eine Umkehrung der Temperaturen findet; die Luft ist dann viel wärmer in 300 *m* als nahe dem Boden. Die Hauptursache dieser Verschiedenheit ist die Kleinheit des Emmissions- und Absorptionsvermögens der Luft, die sich am Tage sehr wenig direkt erwärmt und sich in der Nacht auch nur sehr wenig abkühlt; die tägliche Temperaturschwankung in einer bestimmten Höhe der freien Atmosphäre muss daher klein sein; sie wird hingegen grösser in den unteren Schichten der Atmosphäre, denen sich die Temperaturschwankungen des Bodens durch Kontakt mitteilen. Zwischen dem Boden und einer Höhe von 200—300 *m* muss daher die Abnahme der Temperatur am Tage sehr schnell erfolgen und in der Nacht sehr langsam, und selbst Temperaturumkehrungen werden bei ruhigem, schönem Wetter eine normale Erscheinung. Diese Betrachtungen werden durch die Beobachtungen auf dem Turme in vollständigster Weise bestätigt; besonders in ruhigen, klaren Nächten ist die Temperatur auf dem Gipfel oft um 5—6° höher als am Boden

Die vertikale Temperaturabnahme in Gebirgsgegenden ist von Süring in ihrer Beziehung zur Bewölkung untersucht worden [2]). Am eingehendsten sind bisher die winterlichen Abweichungen vom üblichen Gange der vertikalen Temperaturänderung behandelt, bei welchen sich statt einer Abnahme der Wärme mit der Höhe eine Zunahme zeigt. Es stellte sich heraus, dass die Ein- und Ausstrahlung am Erdboden und infolgedessen auch die Bewölkung einen bestimmenden Einfluss auf das Zustandekommen dieser Erscheinung der Inversion hat. In welcher Weise sich die Bewölkung im allgemeinen bei der Temperaturänderung mit der Höhe geltend macht, hat man bisher nur für sehr geringe Höhen — bis ca. 350 *m* — einigermassen eingehender untersucht. Verf. hat es nun unternommen, in Gebirgsgegenden für Höhenunterschiede bis zu 1250 *m* die Abhängigkeit

[1]) Compt. rend. **109.** p. 898. 1889.
[2]) Inaugural-Dissertation. Leipzig 1889. Max Hoffmann.

der vertikalen Temperaturänderung von der Bewölkung näher zu betrachten.

Er untersucht drei Stationsgruppen (Eichberg-Schneekoppe, Neuenburg-Chaumont und Puy de Dôme) und gelangt zu folgenden Beziehungen:

1. Bei klarem Wetter ist am Morgen stets die Neigung zu einer Temperaturumkehr vorhanden. Dieselbe erstreckt sich im Sommer bis zu etwa 500 *m* Höhe, im Winter bedeutend höher. Am Abend findet sich dieselbe Erscheinung in schwächerem Masse wieder

2. Ist der Himmel bedeckt, so ist weder eine tägliche, noch eine jährliche Periode des vertikalen Gradienten stark ausgeprägt.

3. Eine Abweichung von dem Gesetz einer der Höhe direkt proportionalen Temperaturabnahme kommt hauptsächlich vor in den Morgenstunden der heiteren Tage — die vertikale Wärmeänderung erfolgt dann in den unteren Luftschichten langsamer als in den oberen — und an den trüben Tagen der warmen Jahreszeit, wo in den untersten Schichten der Luft die vertikale Temperaturverminderung beschleunigt erscheint.

14. Luftdruck.

Über die Ursache der täglichen periodischen Luftdruckschwankungen hat sich Buchan in seiner Bearbeitung des meteorologischen Teiles der Challenger-Expedition verbreitet[1]). Unter der Annahme, dass der Wasserdampf in seinem reinen Gaszustande ebenso diatherman ist, wie die trockene Luft der Atmosphäre, wird das Morgenminimum des Druckes veranlasst durch eine Abnahme der Spannung, die hervorgebracht wird durch ein verhältnismässig plötzliches Sinken der Temperatur der Luft in ihrer ganzen Höhe infolge der Erdausstrahlung und durch einen Übergang eines Teiles des Wasserdampfes vom gasförmigen in den flüssigen Zustand bei seiner Ablagerung auf die Staubteilchen der Luft. „Das Morgenminimum rührt somit nicht her von einem Abfliessen der im Scheitel befindlichen Luftmasse, sondern von der Abnahme der Spannung des Wasserdampfes durch Temperaturerniedrigung und Zustandsänderung. Wenn mit mit dem Steigen der Sonne die Luft erwärmt wird, so tritt eine Verdampfung von den feuchten Oberflächen der Staubteilchen ein, und die Spannung nimmt zu; da nun die Staubteilchen in den Sonnenstrahlen sich auch mehr erwärmen als die Luftschichten, welche sie umgeben, so wird wieder die Temperatur der Luft erhöht und damit ihre Spannung. Unter diesen Umständen steigt das Barometer stetig mit der zunehmenden Spannung zum Morgenmaximum. Es muss betont werden, dass das Steigen des Baro-

[1]) Referat in Nature **41.** p. 443. 1890 und in Naturw. Wochenschrift 1890. p. 348.

meters nicht veranlasst wird durch irgend welche Vermehrung der Luftmasse über dem Scheitel, sondern nur durch die Temperaturzunahme der Luft und die Zustandsänderung eines Teiles ihres Wasserdampfes.

Nach und nach stellt sich ein aufsteigender Strom warmer Luft ein, der Druck sinkt allmählich in dem Grade, als die Luftmasse im Scheitel vermindert wird durch den aufsteigenden Strom, der als ein oberer Strom nach Osten abfliesst, mit anderen Worten nach dem Abschnitt der Atmosphäre, welcher weiter im Osten liegt, dessen Temperatur nun beträchtlich tiefer gesunken ist als die der Gegend, aus welcher der aufsteigende Strom sich erhebt; und dies dauert an, bis der Druck auf sein Nachmittagsminimum gesunken ist.

Das Abfliessen der Luft nach Osten, nachdem sie aus Längen aufgestiegen, wo der Druck zur Zeit ein Minimum ist, vermehrt den Druck an den Längen, wo die Temperatur nun schnell sinkt, und so entsteht das Abendmaximum des Druckes, welches zwischen 9 h. p. m. und Mitternacht, je nach der Breite und geographischen Lage eintritt. Mit dem Vorrücken der Morgenstunden wird dieser Zufluss immer kleiner und hört schliesslich ganz auf, und so beginnt nun die Erdausstrahlung zu wirken, um das Morgenminimum in oben angegebener Weise hervorzubringen. Während des Abendmaximums treten auch die täglichen Maxima des Wetterleuchtens und der Polarlichter auf, da während dieser Phase des Druckes die Zustände der Atmosphäre reichlichste Menge von Eisnadeln in den oberen Regionen entstehen lassen, an denen die magnetoelektrischen Entladungen sich abspielen. Bemerkenswert ist noch, dass, in Übereinstimmung mit dieser Erklärung, die Grösse der täglichen Barometerschwankung merklich auf ihr Minimum sinkt in den Antizyklonengebieten der grossen Ozeane, wo wegen der dort vorherrschenden absteigenden Ströme die Ablagerung des Wasserdampfes auf die Staubteilchen weniger reichlich ist“.

Über Barometermaxima im Anschluss an die Beobachtungen des Luftdruckmaximums im November 1889 hat Prof. Hann eine wichtige Abhandlung veröffentlicht[1]). Da das erwähnte Maximum (vom 12.—24. Nov.) fast während der ganzen Zeit mit seinem Zentrum über dem Alpengebiete lagerte, war es möglich, die Beobachtungen der nun zahlreichen und bis zu 3100 *m* Seehöhe hinaufreichenden meteorologischen Stationen zu einer eingehenderen Untersuchung der meteorologischen Zustände in den höheren Luftschichten während der Dauer eines Luftdruckmaximums zu verwerten. Namentlich wurde versucht, mit Hilfe von neun Höhenstationen in den Alpen und Beiziehung der Stationen auf dem Pic du Midi, Puy de Dôme und auf der Schneekoppe die

[1]) Sitzungsber. d. k. Akad. d. W. zu Wien. Akad. Anz. 1890. Nr. 9.

Verteilung des Luftdruckes und der Temperatur in dem Niveau von 2500 *m* angenähert festzustellen. Da sieben von diesen Stationen über dem Niveau von 2000 *m* liegen, so konnte die Luftdruckverteilung in 2500 *m* mit hinlänglicher Genauigkeit berechnet werden. Eine andere Tabelle giebt für die Periode des höchsten Barometerstandes vom 19.—23. November alle wichtigeren meteorologischen Verhältnisse in den Niederungen und auf den Höhen in detaillierterer Weise.

„Das Hauptergebnis der an diese Tabellen geknüpften Erörterungen und Schlussfolgerungen kann in folgenden Sätzen zusammengefasst werden:

1. Das Barometermaximum vom November 1889 erstreckte sich zu sehr grossen Höhen der Atmosphäre. Die Luftdruckbeobachtungen zeigen, dass dasselbe in einer Seehöhe von mehr als 3 *km* noch ebenso intensiv auftrat als an der Erdoberfläche. In einer Seehöhe von 2500 *m* stimmte die Lage des Zentrums des Luftdruckmaximums noch mit jener an der Erdoberfläche überein.

2. Der Luftkörper des Barometermaximums hatte eine hohe Temperatur. Noch in mehr als 3 *km* Seehöhe war die relative Erwärmung ebenso gross wie in 1000 *m* (8° über dem Mittel); die gewöhnliche Temperaturdepression der winterlichen Anticyklonen war auf die unteren, der Erdoberfläche nächsten Luftschichten von einigen Hundert Metern Mächtigkeit beschränkt. Der mittlere Wärmeüberschuss (über die normale Temperatur) der Luftsäule bis zu 3100 *m* Seehöhe kann für die Zeit vom 19.—23. November auf mindestens 6° veranschlagt werden. Selbst nach den niedrigsten Abschätzungen muss der Wärmeüberschuss bis zu 5000 *m* hinaufgereicht haben.

3. In der höheren warmen Luftschicht, etwa von 1000 *m* Seehöhe an, herrschte eine grosse Trockenheit. Die mittlere relative Feuchtigkeit vom 19.—23. November auf dem Sonnblick (in 3100 *m*) war nur 43 %, auf dem Säntis (2500 *m*) 34 %, nach sorgfältig reduzierten Psychrometerbeobachtungen. Die Koppe'schen Haarhygrometer gaben eine noch grössere Trockenheit.“

Prof. Hann sieht in diesen Ergebnissen einen zwingenden Beweis dafür, dass die Luft in den Barometermaximas in einer herabsinkenden Bewegung begriffen ist, und dass die Druckverhältnisse in denselben nicht aus den Temperaturverhältnissen erklärt werden können, sondern eine Folge der Bewegungsform der Luftmassen in einer Anticyklone sein müssen. Die Wärmeverhältnisse der Luft sind von dieser Bewegungsform abhängig, sie sind eine Folgeerscheinung derselben, wie die Trockenheit der Luft, die Klarheit des Himmels, die ungemein gesteigerte Wärmeausstrahlung (im Winterhalbjahre), durch welche die Kälte der untersten ruhenden Luftschichten sich erklärt.

Prof. Hann untersuchte auch die vertikale Temperaturverteilung in einem Barometerminimum, um Vergleiche mit jener in dem Barometermaximnm zu ermöglichen. Gelegenheit dazu bot das Barometerminimum vom 1. Oktober 1889, das ziemlich zentral über den Ostalpen lag. Mit Hilfe der zahlreichen Höhenstationen bis zu 3100 *m* liess sich folgendes feststellen:

Die mittlere Temperaturabweichung der Luftsäule (vom 30-jährigen Mittel) in dem Barometerminimum bis zu 3100 *m* Seehöhe war —4.3°. Die Verteilung der negativen Abweichungen war ziemlich gleichförmig durch die ganze Höhe.

Die Berechnung der Temperaturen, selbst in dem Barometerminimum vom 1. Oktober, sowie jener in dem Barometermaximum vom 19.—23. November, ergiebt nach den Beobachtungen in verschiedenen Seehöhen bis zu 3100 *m* folgende Resultate:

Höhe in Kilometern . .	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
				Temperatur			
Barometerminimum . .	7.9°	5.1°	2.3°	—0.6°	—3.4°	—6.2°	—9.1°
Barometermaximum . .	—2.7	6.3	4.4	2.5	0.6	—1.3	—3.2

Die Temperatur in dem Barometermaximum ist nach den Beobachtungen um 7ʰ morgens angegeben, jene für das Minimum im Tagesmittel. Der Vergleich ist so ungünstig als möglich, und trotzdem war die Luft in dem Barometermaximum Ende November wärmer, als jene im Barometerminimum am 1. Oktober Als genäherte mittlere Temperatur einer Luftsäule von mehr als 3 *km* Höhe ergiebt sich: Für das Barometerminimum am 1. Oktober —0.6°, für das Barometermaximum vom 19.—23. November +1.6°. Letztere Zahl stellt einen unteren Grenzwert dar. In der That, berechnet man die mittlere Temperatur aus den Barometerständen auf dem Sonnblick und zu Ischl, so findet man sie für das Höhenintervall von 470—3100 *m* zu 2.8° C.

Hann zeigt noch ausführlicher, dass selbst während der heftigen andauernden Südwinde am 9. und 10. Oktober 1889, welche als heisser Föhn in den Thälern auf der Nordseite der Ostalpen auftraten, die Temperatur auf dem Sonnblickgipfel niedriger war, als während des Barometermaximums zu Ende November. Auf den höchsten Alpenstationen bringen überhaupt nur die Barometermaxima die grössten Erwärmungen, das Thermometer steigt stets mit dem Luftdruck.

„Es ist", sagt Hann, „den in neuerer Zeit gegründeten hohen Gipfelstationen zu danken, dass wir uns von dem Vorurteile befreien konnten, zu welchem die Beobachtungen an der Erdoberfläche (oder auch in Hochthälern) verleitet haben, dass die Temperaturen in den Anticyklonen und Cyklonen eine Hauptbedingung für diese Bewegungsformen der Atmosphäre seien. Nach Obigem steht so viel fest, dass die Frage nach der Ursache derselben mit der Thatsache rechnen muss, dass bis zu Höhen von mindestens 4—5 *km* hinauf die mittlere Temperatur

der Luftsäule im Zentrum einer Anticyklone höher sein kann und wahrscheinlich stets höher ist, als jene im Zentrum einer Cyklone.

Damit fallen die vorherrschenden Ansichten über die Ursachen der Anticyklonen, wie sie z. B. Ferrel noch festhält. Die Beobachtungen sind dagegen in Übereinstimmung mit den Ansichten derjenigen, welche, wie der Verfasser, die wandernden Cyklonen und Anticyklonen nur für Teilerscheinungen der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre halten, deren Bewegungsenergie, wie erstere selbst, auf den Temperaturunterschied zwischen Äquator und Pol zurückzuführen ist. Die Temperatur in den Cyklonen und Anticyklonen ist durch die Bewegungsform der Luft bestimmt, und nicht umgekehrt. Bei den stationären Cyklonen und Anticyklonen über den Ozeanen und Kontinenten, der höheren Breiten namentlich, hat dieser Satz nur teilweise Geltung. Die konstante Temperaturdifferenz bedingt daselbst eine atmosphärische Zirkulation zweiter Ordnung in den unteren und mittleren Schichten der Atmosphäre. Teisserenc de Bort unterscheidet deshalb, wie uns scheint mit Recht, zwischen dynamischen und thermischen Cyklonen und Anticyklonen. Wo die niedersinkende Bewegung herrscht, steigt die Temperatur, dort wo aufsteigende Bewegung ist, sinkt sie. Die im letzteren Falle eintretende Kondensation des Wasserdampfes kann und muss die Temperaturabnahme vermindern, sie kann sie aber nicht gänzlich aufheben oder gar ins Gegenteil verwandeln. Da nun die Temperaturzunahme herabsinkender Luftmassen eine raschere ist als die Temperaturabnahme der aufsteigenden, so muss in einem geschlossenen vertikalen Kreislaufe der absteigende Arm eine höhere Temperatur haben als der aufsteigende. Die mitgeteilten Thatsachen stehen damit in Übereinstimmung."

Die Veränderung in der Lage der grossen Aktionszentren (Cyklonen und Anticyklonen) der gemässigten Zone unserer Nordhemisphäre ist von A. de Tillo studiert worden [1]). Derselbe kommt zu dem Ergebnisse, dass diesen Cyklonen und Anticyklonen durchschnittlich eine Bewegung zuzuschreiben sei, welche die Cyklonen des Nordatlantic von Beginn bis zur Mitte des Jahres bis nach Asien führe, das grosse Hochdruckgebiet Asiens dagegen nach dem Stillen Ozean und die Cyklonen dieses Ozeans nach Nordamerika. Eine Veränderung des Luftdruckes, die zu einer derartigen Vorstellung führen könnte, ist im allgemeinen wohl angedeutet, allein ein eigentliches Wandern der Cyklonen oder Anticyklonen, wie sich de Tillo vorstellt, kommt doch anscheinend nicht vor.

Der Einfluss des Luftdruckes auf die Schlagenden Wetter der Steinkohlengruben wird von H. Harries auf die Nachgiebigkeit der Erdkruste gegen erhöhten Druck zurückgeführt [2]),

---

[1]) Compt. rend. **106.** [1] p. 1024. [2]) Nature 1890. p. 437.

wodurch die in den Kohlen eingeschlossenen Gase herausgepresst würden. Danach müssten die meisten Ansammlungen von Schwaden stattfinden, wenn der Luftdruck am höchsten ist. Im Jahre 1879 [1]) wurde eine Kommission zur Untersuchung der Grubenunfälle eingesetzt, und Sir F. Abel erstattete im Jahre 1887 in der Institution of Civil Engineers einen Bericht, aus welchem folgendes zu entnehmen ist. In den Jahren 1875—1885 sind 2229 Todesfälle in England durch Grubengas erfolgt. Nur 17.4% davon fallen in die Zeiten niedrigen Barometerstandes; von den Explosionen ereigneten sich bloss 18.7% bei Luftdruck unter dem Mittelwert. Der Verfasser zählt eine Reihe von Grubenunfällen auf, welche bei hohem Luftdruck eintraten.

Wenn man den Einfluss der Luftdruckänderung auf den Zustand der Gruben beurteilen will, muss man vorerst erkennen, dass die Grubengase unter zweierlei ganz verschiedenen Verhältnissen sich ansammeln. Erstens in grossen Räumen in freiem Kontakt mit der Atmosphäre, und hier ist bei schlechter Ventilation die Gefahr bei fallendem Barometer grösser. Diese Gefahr ist den Bergleuten bekannt, und sie richten sich danach; die Zahl der Explosionen bei fallendem Luftdruck ist darum geringer.

Die wichtigere Frage der Explosionen bei hohem Druck ist wenig beachtet worden, weil man glaubt, die wahre Ursache sei niedriger Druck, nur das Barometer sei zu träge, um die Änderung unmittelbar anzuzeigen. Das ist ganz nach Art der Klagen, das Barometer sei unverlässlich, weil es das Wetter unrichtig anzeigt; es zeigt eben nur den Luftdruck an. Das Grubengas ist jedoch nicht allein in den grossen Räumen vorhanden, es steckt auch in der Kohle selbst und in Hohlräumen innerhalb der Erde, und zwar unter einem sehr hohen Druck von 15 bis 30 Atmosphären. Die Unglücksfälle bei steigendem Barometer treten fast immer plötzlich ein und in gut verwalteten Gruben, wo man vorher selten oder niemals Ansammlung der Gase bemerkt hat. Die Erde verhält sich unter dem wechselnden Druck wie ein grosser Gummiball, nur dass bei der Kompression in ihrem Innern Risse und Sprünge entstehen, durch welche das Gas aus sonst geschlossenen Hohlräumen ausströmt. Zur Begründung der Ansicht, dass die Erde dem Luftdruck bedeutend nachgiebt, beruft sich Harries auf Prof. Darwin, welcher in einem Artikel über Erdbeben in „Fortnightly Review" (Februar 1887) sagt: „Ich habe einige Rechnungen ausgeführt und gefunden, dass wir durch die Verschiebung der (atmosphärischen) Gewichte bei sehr hohem Barometerstand wahrscheinlich etwa drei oder vier Zoll näher dem Erdzentrum sind, als bei sehr niedrigem Stand." Es ist dem Bergmann bekannt, dass bei hohem Barometer nicht aus offenen Räumen, sondern aus der Kohle Gas ausströmt. Der Druck des

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1890. p 200.

Gases in abgeschlossenen Räumen ändert sich im gleichen Sinne wie der Luftdruck; darüber liegen Versuche vor, welche nach dem Grubenunglück von Seaham 1880 angestellt wurden, und auch Beobachtungen aus Österreich und Deutschland führen zu demselben Ergebnis.

In einer durch zahlreiche Schlagwetter unvorteilhaft bekannte Grube im nordfranzösischen Kohlenbecken bei Douai hat Chesneau im Jahre 1886 Untersuchungen über den Einfluss der Luftdruckschwankungen und Bodenbewegungen auf die Entwickelung der Schwaden angestellt [1]). Die Schwaden wurden jeden Tag mittels einer Pilier'schen Lampe gemessen und nahe bei der Grube mikroseismische Bodenschwankungen mittels des Pendeltromometers verzeichnet. Von den 230 Tagen, an welchen Schlagwetterbeobachtungen ausgeführt wurden, konnten nur 179 mit gleichzeitigen Beobachtungen der anderen beiden Elemente verglichen werden. Stellt man nun die Kurven der Beobachtungen zusammen, so findet man „Übereinstimmung“ an 81 Tagen, „Widerspruch“ an 46 und „Unabhängigkeit“ an 51 Tagen. Bei der Vergleichung der Schlagwetter mit den Luftdruckschwankungen fand man Übereinstimmung an 75 Tagen, Widerspruch an 51 und Unabhängigkeit an 54 Tagen. Berücksichtigt man von den mikroseismischen Beobachtungen nur die Extreme, die stärksten Bewegungen, welche einen bestimmten Wert überstiegen, und die Tage absoluter Ruhe, so findet man, dass 43 Übereinstimmungen nur 17 Widersprüche entgegenstehen. Bezüglich der Luftdruckschwankungen findet man 11 Übereinstimmungen und 9 Widersprüche. Als Resultat ergiebt sich danach, dass eine bestimmte Beziehung zwischen den mikroseismischen Bewegungen und den Entwickelungen der Schlagwetter existiert; hingegen scheint der Einfluss der Druckschwankungen weniger ausgesprochen zu sein. Berücksichtigt man nur die starken Zunahmen des Grubengases, welche mehr als 0.5 % betragen haben und mehrere Tage über dem Mittel geblieben sind, so findet man bemerkenswerte Übereinstimmung aller drei Erscheinungsreihen. Sehr beträchtliche Barometerschwankungen waren ohne Einfluss auf die Grubengasentwickelung, wenn gleichzeitig das Tromometer ruhig geblieben; umgekehrt hatten starke seismische Stürme, wenn sie zu einer Zeit auftraten, wo das Barometer im Steigen begriffen war, keinen ernsteren Einfluss auf die Entwickelung der Schlagwetter.“

15. Luftfeuchtigkeit, Nebel und Wolken.

Über die Entwickelungsgeschichte der Wolken verbreitet sich Dr. O. Volger auf Grund eigener, sehr aufmerksamer

[1]) Annales des Mines 1888. [8]. **13.** p. 383.

Beobachtungen[1]). Mit Recht dringt er darauf, dass die Entwickelung der Wolkengebilde planmässig verfolgt werde, was allerdings seine grossen Schwierigkeiten habe, weil wesentliche Bedingungen überhaupt unsichtbar sind, und andererseits „ihre Erscheinungen uns von frühester Jugend so zur Gewohnheit geworden sind, dass es den meisten Menschen unmöglich ist, sich über dieselben zu verwundern."

Untersuchungen über die Bildung der Wolken und Niederschläge hat auch W. v Bezold angestellt[2]). Er kommt zu dem Ergebnisse, dass es dreierlei Vorgänge giebt, die entweder für sich allein oder im Zusammenwirken eine Kondensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre zur Folge haben können:

„a. Direkte Abkühlung, sei es durch Berührung mit kalten Körpern oder durch Strahlung.

b. Adiabatische Expansion oder wenigstens Expansion bei ungenügender Wärmezufuhr.

c. Mischung feuchter Luftmengen von verschiedener Temperatur.

In entsprechender Weise erfolgt die Auflösung bereits vorhandener Nebel und Wolken durch die folgenden Vorgänge:

a. Direkte Erwärmung, sei es durch Strahlung oder durch Berührung mit wärmeren Körpern.

b. Kompression, sei es adiabatisch oder wenigstens bei ungenügender Wärmeentziehung.

c. Mischung mit anderen Luftmengen von genügender Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt

Von diesen dreierlei Vorgängen ist der jedesmal an erster Stelle genannte der wirksamste.

Um eine gegebene Wassermenge zu kondensieren oder aufzulösen, bedarf es nur einer verhältnismässig geringen direkten Abkühlung oder Erwärmung.

Die letztere muss beträchtlicher sein, d. h. ein grösseres Temperaturintervall umfassen, wenn die Kondensation oder Auflösung der gleichen Menge durch adiabatische Expansion oder Kompression erfolgen soll.

Noch viel bedeutendere Temperaturdifferenzen müssen aber dann ins Spiel kommen, wenn durch Mischung die nämliche Menge zur Kondensation oder zur Verdampfung gebracht werden soll, sofern dies überhaupt möglich ist.

„Das erste Paar dieser Vorgänge: die direkte Abkühlung oder Erwärmung kommt vorzugsweise in Betracht bei der Bildung der eigentlichen Nebel, die sich vom Erdboden anfangend bis in grössere oder geringere Höhen erstrecken.

In Zeiten überwiegender Ausstrahlung kühlt sich zunächst der Erdboden ab Sowie die Abkühlung bis zum Taupunkte vorgeschritten ist, tritt in der alleruntersten Schicht Kondensation ein. Hierdurch vermehrt sich das Emissionsvermögen dieser Schicht selbst, sie erkaltet demnach in ihren obersten Lagen

---

[1]) Gaea 1890. p. 65 u ff.

[2]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. 1890. **19.**

selbst durch Strahlung, und so wächst die Nebelschicht mehr und mehr von unten nach oben, um später in Zeiten vermehrter Einstrahlung sich genau in der umgekehrten Weise wieder aufzulösen. Abgesehen von dem sogenannten Nebelreissen kommt es bei dieser Art der Kondensation zu keinen beträchtlichen Niederschlägen. Der Grund liegt wohl darin, dass eben durch das Anwachsen der Nebelschicht nach oben den unteren Schichten die Möglichkeit weiterer intensiver Ausstrahlung genommen wird. In den höheren Schichten der Atmosphäre wird solche Kondensation durch direkte Ausstrahlung wohl nur eintreten, wenn bereits auf eine andere Weise, sei es durch Mischung oder auch durch Expansion, vielleicht auch durch Rauch, Trübung erzeugt worden war. An der oberen Wolkengrenze, besonders bei Stratuswolken, dürften sich die Vorgänge des Anwachsens und Auflösens der Wolke durch direkte Aus- oder Einstrahlung ebenso vollziehen, wie die Bildung und Auflösung des Nebels in der untersten Luftschicht.

Die Wolkenbildung durch adiabatische Expansion sowie die Auflösung durch Kompression tritt überall ein, wo man es mit auf- oder absteigenden Luftströmen zu thun hat. Die sommerliche Haufwolke mit horizontaler Basis, die Gewitterwolke und die eigentliche Regenwolke. verdanken ihr die Entstehung Inwiefern nächtliche Ausstrahlung die obersten Schichten solcher Wolken beeinflusst, dies können erst weitere Forschungen klar legen.

Wesentlich verwickelter als bei den beiden bisher betrachteten Arten der Bildung und Auflösung von Wolken und Nebeln gestalten sich die Vorgänge, wenn Mischung ins Spiel kommt.

Bei den oben erwähnten Gruppen ist ein stetiges Fortschreiten der Abkühlung oder Erwärmung mit stetig weiter schreitender Kondensation oder Auflösung begleitet. Ganz anders bei der Mischung. Ein Mischungsprozess kann in demselben Sinne weiterschreiten und doch zuerst Kondensation und in seinen späteren Stadien wieder Auflösung zur Folge haben. „Es tritt Kondensation rascher ein, wenn ein Strahl kühler feuchter Luft in eine grosse Masse wärmerer eintritt, als wenn ein Strahl warmer feuchter Luft in kühlere hineingeblasen wird.“ Es muss sich demnach im Aussehen solcher sich bildender und wieder auflösender Wolken verraten, ob wärmere oder kältere Luft schliesslich die Oberhand behält.

Nach alledem darf man die nachstehenden Nebel und Wolken als durch Mischung entstanden ansehen:

„1. Die Nebel über warmen feuchten Flächen unter Einwirkung kälterer Luft, als insbesondere die Nebel auf dem Meere zur kalten Jahreszeit oder beim Einfallen kalter Winde.

2. Die reihenweise auftretenden Wolken an der Grenze zweier verschieden rasch übereinander hinfliessenden Luftschichten, welche Herr von Helmholtz zuerst als eine Folge von Wellenbewegung

erkannt und mit dem Namen der Luftwogen bezeichnet hat, wobei jedoch adiabatische Kondensation an den Stellen, wo die Luft nach Art der Brandung in die Höhe geschleudert wird, auch noch in Betracht kommt.

3. Die Stratusschichten, die sich an solchen Trennungsflächen bilden, und die häufig zuerst als Luftwogen auftreten und sich später erst mehr verdichten.

4. Wolkenfahnen, die sich an Berggipfeln oder an Passeinschnitten bilden und wieder auflösen, wenn die Gestaltung des Gebirges es wärmeren oder kälteren Luftmassen ermöglicht, dass Strahlen in solche von anderer Temperatur hereingeführt werden.

5. Die Wolkenfetzen oder das ganz lose Gewölke, wie man es bei stärkerer Luftbewegung unter fortgesetzter Gestaltsänderung und unter stetem Entstehen und Vergehen häufig beobachtet, wie sie aber auch neben der Wolkenbildung durch adiabatische Expansion insbesondere bei Gewittern auftreten.

Diese verschiedenen Arten der Wolkenbildung durch direkte Abkühlung, durch adiabatische Expansion und durch Mischung können selbstverständlich auch nebeneinander in den verschiedensten Kombinationen auftreten, wie sich dies schon äusserlich in der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der Wolkenformen zu erkennen giebt."

Die Natur der wässerigen Teilchen, welche die Wolken bilden, ist im speziellen noch wenig bekannt. Die meisten Ansichten hierüber beruhen lediglich auf Hypothesen oder entsprechen nur sehr vagen Vorstellungen. Von besonderem Interesse sind daher die Untersuchungen, welche Ch. Ritter über diesen Gegenstand angestellt hat, und bei denen er sich in der Hauptsache auf eigene Experimente stützte[1]) und die dadurch gewonnenen Erfahrungen in entsprechender Art auf die Zustände der freien Atmosphäre überträgt. Die mikroskopischen Untersuchungen an künstlich hervorgerufenen Nebeln ergaben das Resultat, dass die kleinsten Teilchen derselben nicht Wasserbläschen, sondern Kügelchen sind, deren Durchmesser zwischen 0.023 und 0.045 *mm* variiert. Daneben kommen jedoch auch kleinere Teilchen vor bis zu 0.0006 *mm* und vielleicht selbst darunter. Alle Hydrometeore ohne Ausnahme sind Resultate der Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes. Diese Kondensation geschieht in der frei von Staub oder sonstigen Verunreinigungen befindlichen Atmosphäre entsprechend der jeweiligen Temperatur entweder durch Bildung von Eiskriställchen (Nadeln) oder Wasserkügelchen. Letztere bestehen aus dem gewöhnlichen Wasser; haben sie sich indessen gebildet, und sinkt alsdann die Temperatur unter den Gefrierpunkt, so gefriert das

---

[1]) Annuaire de la Société Mét. de France **33.** p. 261 u. ff., **35.** p. 362 u. ff.

Wasser nicht auch, sondern geht über in den Zustand der Überkaltung. Es kann in diesem durch Erschütterung nicht zum Gefrieren gebracht werden, wohl aber, und zwar sofort, sobald ein Eispartikelchen damit in Berührung tritt. Durch Anhäufung zahlloser Eiskriställchen und Wasserkügelchen in der Atmosphäre und ihr Schweben in derselben entstehen die Nebel und Wolken. Diese letzteren bestehen also aus Eiskriställchen, aus gewöhnlichen Wassertröpfchen und aus solchen von überkaltetem Wasser, nicht aber aus Wasserbläschen. Sobald ihr Gewicht den Widerstand der Luft, welcher sich ihrem Fallen entgegenstellt, überwindet, so fallen sie herab, und von diesem Augenblicke an werden sie zu Hydrometeoren oder Niederschlag, also Regen, Graupeln, Hagel. Die Wasserpartikelchen, welche die Wolken bilden, oder kurz die Wolkenelemente, wachsen sowohl durch Kondensation des Wasserdampfes an ihrer Oberfläche als durch Vereinigung mit anderen Wolkenelementen. Dieses letztere ist es hauptsächlich, welches ein rasches Wachsen befördert, wobei nach Ritter's Ansicht elektrische Anziehung als Hauptursache des Zusammentreffens der Wolkenelemente anzusehen ist. Durch Vereinigung sehr kleiner Wolkenelemente entstehen Nebel und Regen oder Glatteis bei überkalteten Teilchen. Treffen flüssige Elemente mit nadelförmigen Eiskriställchen zusammen, so bilden sich Schnee, Graupeln oder Hagel, ersterer wenn relativ grosse Eisnadeln oder Eisplättchen mit sehr kleinen überkalteten Wolkenelementen zusammentreffen. „Weil“, meint Ritter, „die elektrische Spannung auf den Plättchen und den überkalteten Tröpfchen sehr ungleich ist, so tritt Anziehung ein, und es findet die Bildung von regelmässigen Kristallstrahlen statt, während die geringe Menge übrigbleibenden, flüssigen Wassers sich zwischen die Kristalle lagert und die Angliederung weiterer Elemente vermittelt, wodurch die beginnende Schneeflocke wächst. Wenn die überkalteten Tropfen grösser sind, so lagern sie sich wie ein Polster um die Kristalle, es findet nach allen Seiten hin Wachsen durch Anziehung statt, und als Ergebnis entsteht ein Graupelkern. Bei aussergewöhnlich grossen überkalteten Tropfen erzeugt die Berührung mit kleinen Eiskristallen sofortiges Gefrieren der ganzen Masse, und es entsteht ein Hagelkorn. Einen ähnlichen Vorgang bei der Hagelbildung hat man schon früher vermutet, allein erst die Untersuchungen von Ch. Ritter liefern gesichertere und klarere Anschauungen. Die einmal gebildeten Hagelkörner können sich unter Umständen zu ansehnlichen Eisstücken vergrössern, und zwar beim Zusammenprallen mit anderen Hagelkörnern und dann augenblicklich wirkender Regelation. Eine überaus grosse Rolle in bezug auf das Anwachsen der Wolkenelemente spielen Rauch und Staub. Dies hat schon Aitken behauptet, und die Untersuchungen von Ch. Ritter liefern dafür weitere Beweise. Der Staub, sagt letzterer, verursacht infolge der Kapillaranziehung,

welche er auf das Wasser ausübt, das Entstehen von Tropfen, die gross genug sind, um zu fallen, während sonst die Wolkenelemente. welche sich nun vereinigen, schwankend geblieben wären. In der Nähe des Erdbodens ist die Luft stärker verunreinigt, daher muss die Regenmenge dort grösser sein als in der Höhe. Ob freilich diese letztere Schlussfolgerung den Beifall der Meteorologen finden wird, mag dahin gestellt bleiben.

F. Palagi fand auf dem Monte Titano [1]), dass, sobald die Temperatur unter Null sank, die Kügelchen der Wassertropfen sich in kleine hexagonale Nadeln und Flocken verwandelten. Erstere hatten eine Dicke von 0.05 *mm*, bei 2—10 mal grösserer Länge, letztere hatten 0.1—0.5 *mm* Durchmesser. Beim Herabsinken in tiefere und minder kalte Luftschichten, die aber doch unter dem Gefrierpunkt bleiben, scheinen die einfachen Kristalle durch Kondensation und Vereinigung sich in die bekannten Formen der Schneesterne und Flocken zu verwandeln.

Die Klassifikation der Wolken, eine Aufgabe, die dem Laien vielleicht ziemlich einfach erscheint, gehört noch immer zu den Problemen, mit denen sich die Meteorologen beschäftigen. Auf dem meteorologischen Kongresse zu Paris im September 1889 hat sich Prof. Hildebrandsson über den Gegenstand ausführlich verbreitet [2]). Die von Howard gegebenen Benennungen, sagt er, werden fast überall gebraucht, aber unglücklicherweise werden dieselben Namen nicht immer zur Bezeichnung derselben Dinge verwendet. Auch die Zahl der Formen, welche unterschieden werden, wechselt nach den Ländern. Es genügt, die von den verschiedenen Zentralanstalten veröffentlichten Instruktionen zu vergleichen, um diese augenfälligen Unterschiede zu bemerken. Für jeden, welcher die unzweifelhafte Wichtigkeit dieser Beobachtungen erwägt, muss der Vorteil einer internationalen Klassifikation offenbar sein. Bereits 1873 hat der meteorologische Kongress in Wien die verschiedenen Institute eingeladen, genaue Bilder der Wolkenformen, welche daselbst als typisch angesehen werden, zu veröffentlichen, sei es durch Zeichnungen, farbige Bilder oder durch Photographien. Um diesen Vorschlag auszuführen, habe er im Jahre 1879 ein Werk veröffentlicht: „Sur la classification des nuages employée à l'observatoire météorologique d'Upsala“, mit Photographien, welche unter seiner Leitung ausgeführt waren. Leider sei niemand diesem Beispiele gefolgt.

Eine internationale Klassifikation der Wolken sei offenbar nur möglich, wenn deren typische Formen überall dieselben sind. Durch die Bemühungen von Cl. Ley und Abercromby wissen wir jetzt, dass dieses der Fall ist, wenn auch die Häufigkeit der einzelnen Formen in der heissen und kalten Zone eine ganz ver-

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1888. p. [35]

[2]) Auszug aus seiner Rede in der Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 441.

schiedene ist. Eine internationale Klassifikation sei also möglich, aber sie müsse einfach und praktisch sein. Detaillierte Einteilungen seien sehr nützlich für Spezialuntersuchungen, könnten aber den gewöhnlichen Beobachtern nicht vorgeschrieben werden. Es genüge, ihnen die leicht zu unterscheidenden Hauptformen anzugeben.

Was die Namen betrifft, so sei es das Praktischste, sie so zu wählen, dass soweit als möglich jene beibehalten werden, die gegenwärtig im Gebrauche sind. Es scheinen also die vier von Howard gegebenen Namen: Cirrus, Cumulus, Stratus und Nimbus und ihre Kombinationen am geeignetsten zu sein. Doch sei es unwesentlich, welche Namen man wählen will; wichtig sei nur, dass dieselbe Form überall dieselbe Benennung erhalte.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, hätten Abercromby und der Redner sich zuerst über die Formen geeinigt, welche sie unterschieden wissen wollen, und dann eine Art Abstimmung vorgenommen, welche das folgende Ergebnis hatte".

(Cr = Cirrus, Cm = Cumulus, Str = Stratus, Nb = Nimbus, Al = Alto.)

	Upsala	Portugal	Englische u. Schwed. Marine	Norwegen	Deutsche Seewarte	Belgien	Hongkong	Preussen (Dove)	Frankreich (Renou)	Weilbach	Abercromby und Hildebrandsson
1.	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
2.	Cr-Str	Cr-Str	Cr	Cr-Str	Cr-Str	Cr-Str	Cr-Str	Cr-Str?	Cr-Str	Cr-Str *A*	Cr-Str
3.	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm	Cr-Cm
4.	Al-Cm	Cm-Cr	—	—	Cr-Cm	—	Small Cm?	—	Al-Cm	Cr-Str *B*	Cm-Cr oder Al-Cm
5.	Cr-Str	Str-Cr	Cr-Str	—	Cr-Str	—	—	Cr-Str?	—	Paries	Str-Cr oder Al-Str
6.	Str-Cm	Cm-Nb	Str-Cm oder Roll-Cm	Cm-Str	Str-Cm oder Wst-Cm	—	Str-Cm oder Roll-Cm	Str?	Cm-Str? Str?		Str-Cm
7.	Nb	Nb	Nb	Nb	Nb.	Nb	Nb	Nb	—	Nb	Nb
8.	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm { simpl. comp.	Cm
9.	Cm-Str	Cm-Str	Cm-Str	Nb	Cm-Str	Cm-Str	?	Cm-Str	Nb	Cm-Nb	Cm-Nb
10.	Str	Str	Str	Str	(Str)	Str	Str	Str	Str?	Nebula sublata	Str

„Aus obiger Tafel", fährt Hildebrandsson fort, „ersieht man, dass die Form Nr. 1 überall Cirrus genannt wird, ebenso Nr. 3 überall Cirro-cumulus, Nr. 8 Cumulus".

„Mit Nr. 2 hört die Einstimmigkeit auf. In der That werden nur in Portugal die drei Formen 1, 2 und 5 zugleich unterschieden. Bei uns in Upsala haben wir Nr. 2 und Nr. 5 vermengt unter dem gleichen Namen Cirro-Stratus. In anderen Ländern wird der sehr hohe Schleier als eine Abart von Cirrus behandelt, und wird der Name Cirro-Stratus (nach Kämtz) der dichten, grauen oder bläulichen Schicht gegeben, unserem Strato-Cirrus oder Alto-Stratus, welche in einer wenig bedeutenden Höhe schwebt".

„Man muss gestehen, dass in der That die Cirrus häufig in Cirro-Stratus sich umformen. Dieser dünne Schleier besteht aus dichtgedrängten Cirrus-Fäden, welche gleichsam mit einander verflochten sind, so dass sie kompakte, völlig geschichtet erscheinende Massen bilden. Je mehr der Regen sich nähert, umso gedrängter werden deren Teile, bis sie sich völlig verschmelzen, um einen gleichförmigen Teppich zu bilden oder einen weisslich-grauen Schleier, der allmählich den ganzen Himmel bezieht. Es ist dieser Teppich, welchen Kämtz Cirro-Stratus genannt hat, und für welchen wir den in Portugal angewandten Namen Strato-Cirrus vorschlagen, oder Alto-Stratus. Die direkten Messungen von Ekholm und Hagström haben gezeigt, dass die Höhe dieser Form nur die Hälfte von jener der zarten Cr-Str-Schleier beträgt. Dies genügt, um die Unterscheidung dieser beiden Formen zu rechtfertigen, wenngleich es in Wirklichkeit häufig derselbe Schleier ist, welcher sich in Trichterform um das Zentrum einer barometrischen Depression erstreckt, besonders auf deren vorderem Teile. Je mehr dieses Zentrum sich nähert, um so mehr sinkt dieser Schleier herab, indem er gleichzeitig dichter wird.

Die Form Nr. 6, Strato-Cumulus, wird so benannt in Upsala und in der englischen, deutschen und schwedischen Marine. Der Name existiert nicht in der Howard'schen Einteilung, er ist von Kämtz und 1868 durch Rubenson in Upsala eingeführt. Wenn man den Cirro-Cumulus mit kleinen Flocken weisser Watte vergleicht, so muss man den Strato-Cumulus mit grossen Klumpen dunkler Wolle vergleichen, welche mehr oder weniger gegeneinander gedrängt sind. Es sind das die Nacht- und Winterwolken. Die gedrängteste Form des Strato-Cumulus giebt zuweilen dem Himmel ein gewelltes Ansehen, besonders nach dem Horizont hin, infolge der Perspektive; diese wird in England Roll-Cumulus und in Deutschland Wulst-Cumulus genannt. Dichte Massen von Strato-Cumulus bedecken zuweilen ganze Wochen lang den nordischen Winterhimmel.

Indessen giebt es zwischen Cirro-Cumulus und Strato-Cumulus eine Zwischenform. Wenn die Cirro-Cumuli sich senken, so sieht man auf einer durchschnittlichen Höhe von ca. 4000 *m* grössere Bälle schweben, an welchen man Schatten bemerkt. Wir nennen diese schöne Wolke Cumulo-Cirrus (Portugal) oder Alto-Cumulus (Renou und Upsala). Anderseits giebt es zwischen dieser Form und den dunklen Strato-Cumuli Übergangsformen, so dass man in der Natur alle möglichen Abstufungen findet zwischen den kleinsten und glänzendsten Cirro-Cumuli und den grössten und fast schwarzen Wulst-Cumuli".

„Nun kommen wir zu den beiden Formen der Regenwolken, Nr. 7 und 9, dem Nimbus und Cumulo-Nimbus. Der Regen bildet sich in zweierlei Witterungslagen: der andauernde Regen, welcher sich über grosse Gebiete gleichzeitig erstreckt („Landregen"),

wird durch grosse barometrische Depressionen herbeigeführt. Wenn eine solche Depression sich vom Ozean her nähert, erscheinen in dem Masse, als der Cirro-Stratus-Schirm sich über den Horizont erhebt, niedrige, dunkle Wolkenfetzen (scud der Engländer) unter demselben; ihre Zahl und ihre Grösse nimmt zu, bis sie unregelmässige, formlose, einförmig graue Massen mit zerrissenen Rändern bilden, welche die wahren Regenwolken für Landregen bilden. Wie man aus der Tabelle sieht, werden solche Wolken ziemlich allgemein Nimbus genannt".

„Wenn andererseits die Cumuli eine grössere Dichtigkeit und eine schwärzliche Färbung haben, ihre isolierten Massen einander mehr genähert sind und gleichsam eine Gebirgskette bilden, deren traubige Massen sich übereinander türmen, indem sie ungeheuere Wolkengebilde von drohendem Aussehen bilden, so erwartet man ein Gewitter mit Regen oder Hagel in Schauern. Wenn diese Wolkenform gut entwickelt ist, so hat sie anscheinend eine Schicht von Cirrus oder Cirro-Stratus über sich. Die mächtigen Cumulus-Gipfel durchsetzen häufig diese Schicht, oder die Gipfel selbst formen sich in einen cirrusförmigen Schleier um. Das sind die falschen Cirren. Die Messungen von Ekholm und Hagström haben bewiesen, dass diese falschen Cirren in einer Höhe von nur ca. 3000 *m* schweben, also weit niedriger als die echten Cirren, so dass sie körperlich mit den Gipfeln der Cumuli verbunden sind. Es geschieht sogar bisweilen, dass man echte Cirren über den falschen sehen kann. Endlich, wenn der Platzregen beginnen will, sieht man die Grundfläche der grossen Wolke umgeben von niedrigen, grossen, unregelmässigen Wolken, welche den Nimbuswolken gleichen. Das ist der sogenannte Wolkenkragen der Deutschen. Für die Gesamtheit dieses Gewittergewölkes haben wir den Namen Cumulo-Nimbus vorgeschlagen. Diese Form wird zwar fast überall Cumulo-Stratus genannt; aber wir halten es für zweckmässig, diesen Namen in Cumulo-Nimbus abzuändern, da dieses die ausgesprochenste Regenwolke ist, besonders in südlichen Ländern. In Norwegen wird, wie man aus der Tabelle ersieht, zwischen den beiden Arten von Regenwolken kein Unterschied gemacht. Renou bezeichnet nur „une masse orageuse compacte" als Nimbus. Howard hat in der Besprechung der Regenwolken beide Arten vereinigt; die Definition seines „Cumulo-Cirro-Stratus" oder „Nimbus" ist: „Nubes vel nubium congeries pluviam effundens". In der genaueren Beschreibung giebt er zuerst eine vortreffliche Beschreibung der Annäherung einer grossen Depression mit ihren den anhaltenden Landregen bringenden Nimbuswolken unter dem ausgedehnten oberen Wolkenschleier, und darauf auf eine gute Beschreibung eines ausbrechenden Gewitter-Schauers. Nach Kämtz, Lehrbuch I, p. 379, entsteht „die eigentliche Regenwolke, der Nimbus, . . . meistens aus dem Cumulo-Stratus. Sie zeigt sich als dunkle

Wolkenmasse, mehr oder weniger horizontal ausgebreitet, mit einem faserigen Rande, so dass man nicht mehr im stande ist, die einzelnen Teile, wie im Cumulus, zu erkennen".

„Diese Beschreibung ist noch etwas verworren, aber seitdem sind die beiden Formen fast überall unterschieden worden, besonders von den Seeleuten. Natürlich leugnen wir nicht, dass es Zwischenformen giebt; es giebt solche fast zwischen allen Wolkenformen. Einerseits bilden sich die „Wirbelgewitter" gewöhnlich in wenig tiefen Teildepressionen, welche die grossen Depressionen begleiten oder ihnen vorangehen. In diesem Falle beginnt das schlechte Wetter oft mit einem Gewitter nebst den zugehörigen Cumulo-Nimbi. Wenn dann die Hauptdepression sich nähert, bilden sich diese allmählich in formlose Nimbus-Massen um, und der Regen, der anfangs in Schauern fiel, wird fein und dicht, lange Zeit mit wenig Unterbrechungen. Auf der anderen Seite sieht man zuweilen um Mittag, besonders im Sommer, dass die unteren Wolken aller Arten eine Neigung haben, sich in Cumulus umzuwandeln. Über den unförmlichen Nimbus-Massen sieht man mehr oder weniger regelrechte Cumulus-Gipfel schimmern. Endlich, wenn das Zentrum vorübergegangen ist, und das schlechte Wetter aufgehört hat, bricht die Nimbus-Decke, und die getrennten Massen nehmen die Form von Cumuli oder sogar Cumulo-Nimbi an, welche vereinzelte Regenschauer geben. Die typische Form des Nimbus zeigt sich am besten in den Herbstregen; diejenige des Cumulo-Nimbus am besten in den „Wärmegewittern" an Sommerabenden".

Im Sinne Howard's sei Stratus einfach ein Nebel, und so definiere ihn auch Forbes. Mehrfach finde man höchst seltsame Definitionen des Stratus. Hildebrandsson und Abercromby hätten, dem Gebrauche folgend, als Stratus einen gehobenen Nebel angesehen, der in der Luft schwebe. In den Polarmeeren begegne man häufig einer eigentümlichen Form von Stratus. Bei der Überwinterung der Vega z. B. beobachtete man, dass der starke Wind den losen Schnee bis zur Höhe mehrerer Meter erhob, welcher die ganze Gegend wie ein dichter Nebel während ganzer Stunden und selbst mehrere Tage hindurch einhüllte. Zuweilen bildeten diese Massen bewegten Schnees grosse weisse Wolken, welche sich in gewisser Höhe über dem Boden hielten, und welche man „niveus" nannte; gewöhnlich aber hielten sie sich in den unteren Schichten, und ragten die Masten des Schiffes wie aus einem Meere weissen Rauches hervor.

Die Klassifikation, welche Abercromby und Hildebrandsson zum allgemeinen Gebrauch vorschlagen, sei also sozusagen das Resultat einer Abstimmung. Sie hätten sorgfältig vermieden, neue Wörter einzuführen. Für die grossen Wolkenmassive, welche oben von „falschem Cirrus" und unten von dem „Wolkenkragen" umgeben sind, empfehlen sie, statt der bisher gebrauchten Namen Cumulo-

Stratus oder Nimbus die Bezeichnung Cumulo-Nimbus zu wählen. Im übrigen schlagen sie nur vor, Cirro-Cumulus, wenn er sehr gross und niedriger als gewöhnlich erscheint, als Cumulo-Cirrus oder Alto-Cumulus zu bezeichnen, und ebenso dichteren und dunkleren Cirro-Stratus als Strato-Cirrus oder Alto-Stratus. Man müsse diese Zwischenformen deshalb wohl unterscheiden, weil, wenn man ihren Zug beobachtet hat, man weiss, dass der Luftstrom, dessen Richtung man bestimmt hat, im Mittel weder bei 7—10000 *m*, noch bei 1—3000 *m* Höhe sich befindet, sondern bei etwa 4000 *m*.

Schliesslich betont Hildebrandsson, dass die typischen Wolkenformen vergleichsweise selten sind; gewöhnlich beobachtet man mehr oder weniger vermittelnde Formen. Man müsse in jedem einzelnen Falle in das Tagebuch diejenige typische Form einschreiben, welche der beobachteten am meisten gleicht. Goethe sagt: „Wenn man die Lehre Howard's beim Beobachten wohl nutzen will, so muss man die von ihm bezeichneten Unterschiede fest im Auge behalten und sich nicht irre machen lassen, wenn gewisse schwankende Erscheinungen vorkommen; man übe sich vielmehr, dieselben auf die Hauptrubriken zurückzuführen“. Die vom Wiener meteorologischen Kongress angeregte Veröffentlichung von Wolkenbildern seitens der einzelnen Institute würde es leichter machen, die Bedeutung der verschiedenen von diesen angewandten Nomenklaturen zu verstehen. Es sei sehr schwierig, durch Worte so unbestimmte und so veränderliche Formen zu definieren, wie die der Wolken. Man müsse übrigens gestehen, dass auch die Gewinnung exakter Wolkenbilder sehr schwierig sei. Die Zeichnungen, welche man von denselben giebt, seien im allgemeinen zu ungenau, um gute Anhaltspunkte zu geben.

Gute Photographien hätten mehr Wert. Die Photographien in Hildebrandsson's „Klassifikation des nuages“ zeigten, durch die Geschicklichkeit Osti's, das, was man 1879 mit dieser Methode leisten konnte. Die Schwierigkeiten bestanden namentlich darin, dass das Blau des Himmels beinahe dieselbe photographische Kraft hat, wie das von den hellen Teilen der Wolke ausgehende Licht, und dass man für diese geringen Lichtstärken und so rasch bewegten Objekte noch keine Trockenplatten anwenden konnte.

Seit dieser Zeit sind die photographischen Methoden sehr vervollkommt worden. In Jahre 1889 hat Ekholm in Upsala Versuche mit äussert empfindlichen Trockenplatten gemacht, die mit Eosin oder Erytrocin getränkt sind; durch eine eingeschaltete gelbe Lösung von Gummigutt und Chininsulfat in Spiritus wurde ausserdem das Blau des Himmels absorbiert. Auf diese Weise konnten Momentbilder von kaum sichtbaren, feinen Cirrus-Fäden aufgenommen werden, und feine Schleier von Cirro-Stratus, die auf einem fast schwarzen Grunde erscheinen.

Die Photographie giebt freilich keine Farben, die allerdings

für eine treue Wiedergabe der Wolken notwendig seien, deshalb hat Prof. Hildebrandsson Ölbilder für die typischen Formen herstellen lassen, und zum grossen Teile seinen Bemühungen ist es zu danken, dass seitdem so ein „Wolkenatlas" in Farbendruckbildern erscheinen konnte.

Die Verteilung der durchschnittlichen Bewölkung in Mitteleuropa ist von Elfort studiert worden [1]. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Bewölkung nimmt im Jahresmittel von der Nordsee, auf welcher sie ihre grösste Höhe auf ausgedehntem Gebiete erreicht, sowohl nach E (Ostsee), wie nach SE (Ungarn und Balkanhalbinsel) und S (Südfrankreich und Italien) beträchtlich, nämlich um 30—40%, ab.

2. Gebirgsketten, namentlich wenn ihre Streichungsrichtung den feuchten SW-, W- und NW-Winden zugekehrt ist, haben stets eine höhere Bewölkung als ihre Umgebung.

3. Die Luvseite der Gebirge hat stets eine grössere Bewölkung als die Leeseite; namentlich tritt die Verringerung der Bewölkung auf der Leeseite überall hervor (Thüringer Wald, Harz, Schwarzwald, Riesengebirge, Tatra etc.).

4. Von Gebirgen eingeschlossene Gebiete (Böhmen, Mähren, Siebenbürgen), sowie tief eingeschnittene Gebirgs-, bezw. Flussthäler (Mittelrhein, obere Donau, Drau, obere Rhone etc.), besonders wenn dieselben den herrschenden Winden quer gegenüberstehen, zeichnen sich gleichfalls durch geringe Bewölkung aus. Anderseits finden sich aber auch Thalstationen (Mürzzuschlag) mit höherer Bewölkung, die hier hauptsächlich auf die häufigen Thalnebel sich zurückführen lässt.

5. Bedeutendere Abweichungen einzelner Stationen von ihrer Umgebung werden veranlasst, durch lokale Verhältnisse, namentlich durch die Lage an einem mehr oder weniger ausgedehnten See, in ausgedehnten Wäldern oder deren Nähe, überhaupt in extrem feuchten Gebieten des Binnenlandes.

Über die Bildung und Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees hat Assmann Untersuchungen angestellt [2]. „Man ist gewöhnt", sagt derselbe, „diejenigen Kondensationsformen des atmosphärischen Wasserdampfes, welche sich im festen Aggregatzustande befinden, ausnahmslos als kristallinisch anzusehen, indem man das sechsseitige Prisma, welches man als die Grundform der Schneeflocken gefunden hatte, in allen anderen Fällen glaubte wiederfinden zu müssen, trotzdem mikroskopische Beobachtungen des Reifs, Rauhreifs und Glatteises noch fehlten.

Nach der gewöhnlichen Vorstellung sollten aus den in der Luft schwebenden „Wasserbläschen" bei dem Herabgehen der Temperatur auf 0° Eiskristalle entstehen, welche sich in der

[1] Petermann's Mitteilungen 4. p 137. 1890.
[2] Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 339 u. ff.

freien Atmosphäre zu Schneeflocken, an festen Gegenständen zu Reif oder Rauhreif gruppieren. Dabei blieb es zweifelhaft, ob der Reif durch Gefrieren eines „Tautropfens“ oder direkt als Eiskristall entstände.

Zuerst bei Gelegenheit eines Winteraufenthaltes auf dem Brocken im Jahre 1885 bemerkte ich unter dem Mikroskop, dass bei einer Temperatur von — 10° keine Eiskristalle, sondern flüssige Wassertropfen — nicht hohle Bläschen — in der Luft schwebten, sowie, dass dieselben bei dem Auftreffen auf einen festen Körper — unter dem Mikroskop auf ein ausgespanntes feines Haar — fast momentan zu einem Eisklümpchen ohne jede Andeutung kristallinischer Struktur erstarrten. Vor meinen Augen entstanden so durch reihenweise Aneinanderlagerung solcher Eiströpfchen die zierlichsten Rauhreiffedern, welche makroskopisch durchaus den Eindruck von Kristallen hervorbrachten.

Bei weiterer Verfolgung derartiger Beobachtungen zeigte sich später, dass auch der Reif unter gewöhnlichen Verhältnissen keineswegs kristallinisch, sondern aus grösseren rundlichen Eisklümpchen zusammengesetzt ist. Lag die Temperatur nur wenige Grade unter dem Gefrierpunkte, so schienen diese Eiströpfchen nicht selten mit einander zusammengeflossen, dadurch gelegentlich regelmässig abgerundete, blattartige Formen bildend.

Dieses auf einem Blatt aufsitzende Eissäulchen machte dem unbewaffneten Auge durchaus den Eindruck eines Eiskristalles. Zum Zwecke der Beobachtungen wurde an Abenden, welche eine kalte Nacht erwarten liessen, eine Anzahl verschiedenartiger Körper, trockene und mit Wasser getränkte Brettchen, Blätter, ausgespannte Kokonfäden, Fichtenzweige, Erde in einem Blumentopf u. s. w. gelegentlich auch Glaskästchen, welche ein Wassergefäss enthalten und mit einer Glasplatte bedeckt sind, ins Freie gesetzt, dazu das Mikroskop mit den Objektträgern, damit dieses zum Morgen die Temperatur der Luft angenommen habe.

Am 4. Januar 1889 zeigten sich bei — 11.0° kristallinische Bildungen an den Kanten trockener Brettchen, welche in regelmässig ausgebildeten sechsseitigen Prismen, zuweilen durch Parallelflächen getrennt bestanden. An demselben Tage fanden sich auf der Erde eines Blumentopfes feine sechseckige Platten und Säulen statt der sonst stets gefundenen amorphen Eistropfen vor.

Der Rauhreif konnte erst am 7. März 1889 bei — 14.5° (nächtliches Minimum — 16.0°) beobachtet werden; derselbe bestand nicht, wie auf dem Brocken, aus Eisklümpchen, sondern aus langen kristallinischen Federn, deren Seitenzweige stets im Winkel von 60° an die grösseren Stämme angereiht und am Ende durch eine hexagonal begrenzte Platte abgeschlossen waren. Einige solche Federn bestanden fast ganz aus hexagonalen Platten, welche derartig aneinandergefügt waren, dass um je eine grössere Platte auf jeder Ecke des Sechsecks eine ebensolche kleinere aufsass;

nur die dem Stamme zugekehrte war in ihrer Form verwischt und scheinbar mit ihren Nachbarn verschmolzen. Mitten unter diesem kristallinischen Rauhreif fand sich aber auch an mehreren Stellen solcher vor, welcher aus rundlichen Eistropfen, ganz dem auf dem Brocken beobachteten ähnlich bestand Doch zeigte auch der letztere ein deutliches Vorherrschen des Winkels von 60° und eine sechseckige Platte als Endglied jeder Feder.

Diese Beobachtungen, welche mit Hülfe mikrophotographischer Aufnahmen methodisch fortgesetzt werden sollen, scheinen zu folgenden vorläufigen Schlüssen zu berechtigen.

„Reif und Rauhreif sind nur verschiedene Modifikationen desselben Verdichtungsvorganges: ist der Wasserdampfgehalt der unteren atmosphärischen Schichten verhältnismässig gering, so dass nur die durch Ausstrahlung bewirkte Abkühlung der untersten, dem Erdboden unmittelbar anliegenden Luftschicht die Kondensation desselben einleitet, so wird Eis in der Form als „Reif" nur am Erdboden oder an höheren, gegen den klaren Nachthimmel frei ausstrahlenden Flächen vorkommen. Bei langsam vor sich gehender Abkühlung ist es wohl möglich, dass zunächst Tau gebildet wird, welcher nachher gefriert, ohne einen Kristall zu bilden.

Der Rauhreif entsteht, wenn der Wasserdampf entweder so reichlich vorhanden, oder die Temperatur so niedrig ist, dass der Dampfsättigungspunkt bis in höhere Schichten hinein erreicht ist, so dass eine „Wolke", gemeinhin als „Nebel" bezeichnet, der Erdoberfläche aufliegt. Die diese Wolke zusammensetzenden Elemente bestehen bis zu einer Grenze von — 10°, vielleicht unter besonderen Umständen noch darunter, aus überkaltetem flüssigen Wasser in Tropfenform, welche indes bei der Berührung irgend eines Gegenstandes von annähernd derselben Temperatur sofort erstarren. Bei „Reif" ist diese „Wolke aus Wassertröpfchen" nicht immer sichtbar, sie erstreckt sich wohl meist nur wenige Dezimeter über dem Erdboden nach oben; zuweilen wird nur „zwischen den Grashalmen" eine Art Nebel sichtbar.

Liegt aber die Temperatur so tief unter dem Gefrierpunkte, dass die Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes in Gestalt einer direkten Sublimation, d. h. eines unmittelbaren Überganges aus dem gasförmigen in den festen Zustand, stattfindet, so werden auch die an die Objekte der Erdoberfläche aufliegenden Eiskriställchen dem Reife sowohl, als auch dem Rauhreife eine kristallinische Struktur verleihen müssen.

„Glatteis" dagegen, welches vielfach mit Rauhreif verwechselt wird, besteht aus flüssigem, nicht oder nur wenig überkaltetem Wasser, welches Gegenstände berührt, deren Temperatur niedriger unter dem Gefrierpunkte liegt, als die der fallenden meist grösseren Regentropfen. Diese sind zuweilen schon beim Fallen mit Eis gemischt und entstammen dann wohl unvollkommen



Typische Form einer Cumulus-Wolke.

Photographirt von W. Prinz in Brüssel.

geschmolzenen Schneeflocken oder Graupeln. Ein derartiger Tropfen hat, weil nicht oder nur wenig überkaltet, noch Zeit, bei der Berührung eines Gegenstandes sich flächenartig auszubreiten, ehe er durch die niedrige Temperatur des letzteren zu durchsichtigem Eise erstarrt, welches nun wie eine gläserne Kruste die Oberfläche bedeckt. Durch die besonders nach längeren Frostperioden vorhandene, oft recht niedrige Temperatur solcher Gegenstände (z. B. Mauern) wird nun aber der unmittelbar anliegenden Luftschicht Wärme entzogen und so in dieser Schicht Wasserdampf kondensiert, welcher nun recht wohl auf dem durchsichtigen Eisüberzuge noch einen weisslichen, reifähnlichen zu erzeugen vermag. Diesen sehen wir denn bei plötzlich eintretendem Tauwetter die Mauern ungeheizter Gebäude überziehen, während auf den Strassen und an Stellen weniger niedriger Temperatur durchsichtiges Glatteis vorhanden ist.

Dass in der That sublimiertes Eis in der Atmosphäre vorkommt, beweisen unter anderem mikroskopische Beobachtungen vom 15. Januar 1889, wo bei — 17.8° (Minimum — 19.0°) feine sechsseitige Plättchen aus der Luft herabfielen, welche teils einzeln, teils mit anderen ähnlichen Plättchen sternförmig gruppiert waren. Dazwischen fanden sich auch Plättchen von parallelepipedischer Form[1]), auch kurze hexagonale Säulen. Makroskopisch liess sich dieser feine Eisstaub, von den Polarfahrern meist als „Diamantstaub“ bezeichnet, durch sein intensives Glitzern im Sonnenlichte bemerken. Gleichzeitig wurden vielfach ausgebildete Sonnen- und Mondringe auch in den unteren atmosphärischen Schichten beobachtet, welche diesen Eiskriställchen ihre Entstehung verdanken. Aus Beobachtungen im Luftballon ist übrigens zu schliessen, dass der Schnee stets durch Sublimation des Wasserdampfes entstehe, nicht durch Gefrieren von Tropfen“.

Der Londoner Nebel ist eine besondere Nebelspezies, die durch Verbindung von Wasserteilchen mit Kohlen- und Russprodukten erzeugt wird. F. A. Russell hat sich hierüber eingehend verbreitet[2]).

Hiernach sind die Bedingungen zu seiner Entstehung: Windstille, niedrigere Temperatur am Erdboden als in der Höhe von einigen hundert Fuss, grosse relative Feuchtigkeit, wolkenloser Himmel und freie Ausstrahlung in den Raum. Die Dunkelheit und eigentümliche Färbung treten am stärksten zur Zeit ein, wenn eine grosse Menge Kohle in den Häusern verbrannt wird. In der Regel kommt solcher Nebel in den Stunden zwischen 10^h p. m und 5^h a. m. nicht vor, auch nicht in grösserem Masse an warmen Sommertagen. Die ersten Morgen-

[1]) Auch Nordenskjöld hat schon auf das Vorkommen zweier Kristallformen des Eises hingewiesen.

[2]) Nature. **39.** p. 34. Meteorol. Zeitschrift 1889. p. 33.

stunden im Sommer sind die einzige Zeit, in der man einen klaren Blick über die ganze Stadt haben kann. Diesen zunächst kommen schöne Sonntagnachmittagsstunden im Sommer, da es keine Herdfeuer giebt. Die Stunden grösster Dichte sind diejenigen, welche auf die grösste Kälte folgen, und in denen zahlreiche Küchenfeuer und Heizungen stattfinden. So ist zwischen 8^h und 10^h a. m oft die Zeit des dicksten und dunkelsten Nebels. Es ist zu bemerken, dass an Sonntagen, wo die Fabriken feiern, im Winter die dichtesten Nebel eintreten. Die Entstehung eines Londoner Nebels ist wahrscheinlich diese: Gewöhnlicher weisser Nebel deckt die Stadt um 6^h a. m.; etwa eine Million von Feuerherden wird kurz nachher geheizt; die Luft füllt sich mit ungeheueren Rauchmengen, Verbrennungsgasen, welche Kohlenteilchen mitführen. Sobald diese Partikeln sich auf die Lufttemperatur oder noch unter dieselbe abgekühlt haben, setzen sich die schon vorhandenen Wasserkugeln und wohl noch kondensierter Wasserdampf an. Eine dicke Schicht solcher Partikeln hält das Licht ab; sehr geringe Mengen fein verteilter Kohle können das Sonnenlicht ganz verdecken wie eine Russschicht auf Glas. Der Rauch verhindert die schief einfallenden Sonnenstrahlen, den weissen Nebel am Boden zu erreichen und aufzulösen; der Nebel strahlt Wärme gegen den Raum und gegen den Erdboden (wenn dieser kälter ist als der Nebel) und erhält keinen Ersatz von den Sonnenstrahlen. Ein Unterschied von 5—6° C. kommt zwischen Thermometern, welche 4 Fuss und 100 Fuss über dem Boden sind, vor; bei Nacht ist das obere immer wärmer. Kohle hat ein grosses Strahlungsvermögen, kühlt sich ab und lässt Dampf niederschlagen, ähnlich wie die Erdoberfläche Tau empfängt. Der Einfluss wolkenlosen Himmels und der Trockenheit in den oberen Luftschichten auf Förderung des Nebels ist offenbar. Ist die Luft sehr trocken, so kommt dichter Nebel in London nicht vor, und ist sie sehr feucht, so dass auf dem Lande der Nebel niederfliesst, so ist in London ein geringer Nebel. Die trockenen warmen Flächen der Häuser, die Erhebung der Temperatur über den Taupunkt verhindert, dass feuchter Nebel auch nur annähernd die Dichte wie auf dem Lande erreicht. Nasser Nebel löst sich auf; trockener Nebel verharrt in einem warmen Raum, ein Beweis, dass dieser Kohlenpartikeln von sichtbarer Grösse enthält. In der geographischen Lage von London ist kein Grund zu finden, weshalb die Stadt mehr Nebel haben sollte als viele andere Gegenden des Landes; wegen der eben erwähnten Umstände würde sie sich wahrscheinlich mehr klaren Himmels erfreuen als die Umgebung, wenn die gewöhnliche Kohle durch Anthracit oder durch flüssiges oder gasförmiges Brennmaterial ersetzt würde.

16. Niederschlag.

Vergleichende Regenmessungen mit verschieden konstruierten Regenmessern, die sich an wenig verschiedenen Lokalitäten aber in gleicher Höhe befanden, hat Riggenbach in Basel behandelt[1]). Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind:

1. Die Ungleichmässigkeit der räumlichen Verteilung des Niederschlages ist so gross, dass die in benachbarten, gleich günstig aufgestellten Regenmessern aufgefangenen Mengen durchschnittlich um 0.3 *mm* und in extremen Fällen bis 5 *mm* differieren. Nimmt man hinzu, dass beim kleinen Regenmesser die Fehler, welche von der Retention des Auffanggefässes herrühren, je nachdem dasselbe vom vorhergehenden Tage her benetzt oder trocken ist, die Regenmenge um ca. 0.2 *mm* unsicher machen können, so wird man sich bei der täglichen Ablesung an kleinen Regenmessern mit einer Genauigkeit von 0.5 *mm* begnügen dürfen.

2. Dem entsprechend wird bei der Zählung der Niederschlagstage das Minimum der Niederschlagsmenge nicht unter 0.5 *mm* angesetzt werden dürfen.

3. Bei den Monatssummen haben Bruchteile eines Millimeters keine Bedeutung; selbst einem ganzen Millimeter kommt eine solche nicht zu.

4. Jahressummen, die auf 0.5 *cm* übereinstimmen, sind als gleich zu betrachten. Ältere Regenmesser halten mehr Wasser durch Benetzung zurück als solche mit neuem Ölanstrich. Eine trockene Auffangsflasche hat bis 0.4 *mm* zurückgehalten, während die schon benetzte nur 0.1 *mm* zurückhielt. Je grösser die Intensität der Niederschläge endlich, desto grösser sind die örtlichen Ungleichheiten des Regenfalles.

Die Geschwindigkeit, mit welcher Regentropfen fallen können, ist von H. Allen theoretisch untersucht worden[2]). Er findet als Maximum 5.03 *cm* pro Sekunde und zeigt ferner, dass die unter der Wirkung des niederfallenden Regens in der Tiefe ausströmende Luft niemals die Geschwindigkeit der fallenden Tropfen erreichen können, dass also auch die grossen Windgeschwindigkeiten, welche man bei Gewittern beobachtet, nicht durch den fallenden Regen veranlasst sein können, wie einige Meteorologen geglaubt haben.

Salpetersäuregehalt tropischer Regen. Die tropischen Regen sind schon früher wegen des sehr erheblichen Salpetersäuregehaltes bemerkenswert gefunden worden. So fand Raimbault zu St. Denis auf der Insel Réunion einen mittleren Salpetersäuregehalt

---

[1]) Verh. d. naturf. Gesellschaft zu Basel. **8.** Heft 3. 1888. Meteorol. Zeitschrift. 1889. p. 156.

[2]) Amer. meteor. Journal **4.**

von 2.67 *mg* pro Liter, während dieser Gehalt nach Bestimmungen von Boussingault im Elsass etwa 0.18 *mg*, nach Lawes und Gilbert in England etwa 0.42 *mg* beträgt. Neue Untersuchungen, welche Müntz und Marcano in Caracas angestellt haben, ergaben im Mittel aus 121 Regenfällen 1883—1885, 2.23 *mg* Salpetersäure pro Liter Regenwasser. Das absolute Maximum war 16.25, das Minimum 0.20 *mg* [1]).

Lufterschütterung und Regen. Die Frage, ob Lufterschütterungen, wie sie durch das Abfeuern der heutigen grossen Geschütze hervorgebracht werden, einen Einfluss auf die Nebel- und Regenbildung haben, ist neuerdings wiederholt diskutiert worden. Ch. Ed. Guillaume führt ein Beispiel an [2]), in welchem dichter Nebel durch Abfeuern von 16 Schuss aus 4 Mörsern aufgelöst wurde, an seine Stelle aber feiner Regen eintrat, der den ganzen Tag andauerte. Dem gegenüber bemerkt Borson, dass bei der Belagerung von Belford trotz des Donners der schwersten Geschütze fast immer dichter Nebel herrschte. Die Frage lässt sich durch Anführung von ein paar Beispielen nicht entscheiden, sie ist auch wahrscheinlich verwickelter, als sie auf den ersten Blick erscheint.

Wald und Regen. Wichtige Untersuchungen über die Frage, ob durch Aufforstung und Anbau eine Zunahme der Niederschläge herbeigeführt werde, hat Wagner veröffentlicht [3]). Diese Untersuchungen erstrecken sich auf die 5000 Quadratmeilen umfassende Prairie Region Iowa's, des nördlichen Missouri, des südlichen Minnesota, ein grosser Teil von Illinois und ein kleiner Teil von Indiana. Dort ist innerhalb 30 Jahre durch Aufforstung der Vegetationscharakter wesentlich verändert worden. Im Gegensatz dazu ist der Staat Ohio fast völlig entwaldet worden, und das gleiche gilt von den Neu-England-Staaten Massachussetts, Rhode-Island, Connecticut u. s w. Endlich ist das trockene Hügelland des Westens zwischen Missouri und dem Felsengebirge ein Gebiet, auf welchem seit 30 Jahren Kulturländereien sich ungemein ausgedehnt haben. Die von Wagner gegebenen, reichhaltigen Zusammenstellungen der vorliegenden Beobachtungen ergeben nun, dass weder Abholzung, noch Aufforstung, noch Kultivierung eines Landes auf die Menge des Niederschlages einen merklichen Einfluss ausüben.

Blanford weist darauf hin [4]), dass, wenn man untersuchen will, ob der Regenfall durch die Waldbedeckung in der That vermehrt werde, man nicht Gegenden mit einander vergleichen

---

1) Compt. rend. **108.** p. 1062.
2) Nature 1889. **1.** p. 211.
3) Science **11.** p. 257 u. 265. Das Wetter 1888. p. 97.
4) Journal of the Asiatic Society of Bengal **1.** Meteorol. Zeitschrift 1888. p. 235, woselbst das oben im Texte benutzte Referat von Prof. Hann.

dürfe, welche auch in anderer Hinsicht verschiedene physische Beschaffenheit haben. Der einzige wirklich beweiskräftige Nachweis wäre nur dann zu erlangen, wenn man von ein und derselben Gegend auf einem Gebiet von wenigstens einigen hundert engl. Quadratmeilen Ausdehnung den mittleren Regenfall vor und nach der Entwaldung feststellen könnte. Ein solcher Nachweis scheint aber kaum erbracht werden zu können, weil vor der Entwaldung einer Gegend nicht leicht eine genügende Zahl von Regenmessstationen vorhanden gewesen sein dürfte. Glücklicherweise giebt es aber in Indien ein Gebiet, welches früher entwaldet, seit einiger Zeit sich allmählich wieder mit Wald bedeckt, und über welchem eine grössere Zahl von Regenmessstationen schon während der Entwaldung in Thätigkeit waren. Diese Region liegt in den südlichen Zentralprovinzen Indiens. Die Area derselben ist ca. 61000 engl. Quadratmeilen und ist jetzt zu $^5/_6$ des Ganzen wieder bewaldet. Vor 1875 aber waren diese Waldungen durch eine eigentümliche Art von Raubbau der Eingeborenen grösstenteils vernichtet, und das Land, soweit es unkultiviert war, eine steinige Fläche. Mit dem Jahre 1875 wurde dieser Raubbau von Seiten der Regierung unterdrückt, und die ganze grosse Fläche bedeckte sich allmählich wieder mit Wald.

Auf diesem Gebiet befanden sich von 1887—1885 14 Stationen, welche gestatten, den mittleren Regenfall zur Zeit der Entwaldung mit jenem bei wieder zunehmender Bewaldung zu vergleichen.

Nimmt man für alle Stationen das Mittel der Jahre 1867—1875, welches der Entwaldung zugehört, und vergleicht es mit dem Mittel der Periode 1876—1885, wo die Wälder geschützt wieder an Ausdehnung zunahmen, so zeigen alle Stationen mit Ausnahme einer einzigen eine Zunahme des Regenfalles in der zweiten Periode der zunehmenden Bewaldung, und zwar im Mittel um 173 *mm*, d. i. mehr als 12 % der mittleren Regenmenge. Der Regenfall des ausserhalb liegenden Gebietes zeigt dagegen eine Abnahme von der ersten zur zweiten Periode um 75 *mm*.

Wenn die zunehmende Wiederbewaldung aber wirklich die Ursache der Zunahme des Regenfalles ist, so muss dieselbe einen progressiven Charakter an sich haben, die Zunahme des Regenfalles muss eine fortschreitende sein, wie die der Waldbedeckung. Um diese Schlussweise anzuwenden, bildet Herr Blanford aus den Regensummen der aufeinander folgenden Jahre ausgeglichene Mittel und vergleicht dieselben mit den gleicherweise behandelten Jahresmitteln des Regenfalles über ganz Indien. Die Endresultate mögen hier stehen.

Ausgeglichene Jahressummen des Regenfalles in engl. Zollen:

1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883
Waldregion der Zentralprovinzen:														
45.3	47.7	48.4	47.5	47.0	48.8	50.1	49.6	50.4	52.6	53.8	54.5	55.3	56.5	58.6
Indien überhaupt:														
41.0	42.6	43.0	41.7	42.2	42.4	42.4	40.5	41.1	43.3	43.5	42.4	42.4	43.0	43.1

Während sich demnach in den Zentralprovinzen eine fortschreitende Zunahme des Regenfalles unverkennbar nachweisen lässt, zeigt der Regenfall über ganz Indien eine bemerkenswerte Konstanz innerhalb der gleichen Periode. Es ist dies ein sehr gewichtiges Argument für den Einfluss der zunehmenden Bewaldung der Zentralprovinzen auf den Regenfall. Seit 1875 scheint hier der Regenfall bis 1883 um 20% zugenommen zu haben.

Im Zusammenhang mit dem Vorhergehenden kann auch noch folgender Thatsache einige Beweiskraft für den Einfluss des Waldes zugestanden werden. Im Herzen der grossen Ebene des Pandschab zwischen dem Rovi und Dschilam, etwa 50 engl. Meilen südlich von Lahore, ist durch künstliche Bewässerung seit 16 Jahren ein etwa $31^2/_3$ engl. Quadratmeilen umfassender kräftiger Wald gezogen worden. Ausserhalb desselben und in E und SE befindet sich kultiviertes Land; am Rande desselben, 4 miles vom Walde entfernt, befindet sich die Station Chuncan. Hier, sowie im Innern des Waldes zu Vahn und dann wieder ausserhalb des Waldes zu Bhambeh, 13 miles NE vom Waldrande, wird seit längerer Zeit Regen gemessen. Wenn man nun nach der Regenkarte und den beiden ausserhalb des Waldes liegenden Stationen durch graphische Interpolation die Regenmenge der Station Vahn im Walde ermittelt, so findet man dieselbe zu 14.85 Zoll, während die Messungen 15.76″, also nahe um einen engl. Zoll mehr Regen ergeben.

Alle diese Thatsachen zusammen sprechen somit sehr entschieden zu Gunsten der Annahme, dass der Wald auf eine Zunahme der Regenmenge wirkt, wenigstens in dem Klima eines heissen Landes wie Indien.

Die tägliche Periode des Regenfalles in Wien, auf Grund von Registrierungen in den Jahren 1881—1888, ist von Hann besprochen worden[1]). Das Hauptmaximum fällt auf die Stunde 8 bis 9 Uhr abends, ein schwächeres auf 7 bis 8 Uhr vormittags, zwei Minima fallen auf 4 bis 5 Uhr früh und auf 11 Uhr bis Mittag bezüglich der Regenmenge, dagegen auf 9 bis 10 Uhr vormittags bezüglich der Regenhäufigkeit. Im Frühling, Sommer und Herbst tritt das Minimum des Regenfalles zwischen 9 Uhr vormittags und Mittag ein und verspätet sich sichtlich vom Frühling bis zum Herbst. Das Maximum fällt im Frühling auf 10 bis 11 Uhr vormittags, im Sommer auf 7 bis 8 Uhr nachmittags, im Herbst auf 3 bis 4 Uhr mit einem schwachen, sekundären Maximum um 8 bis 9 Uhr abends. Mit Ausnahme der Frühsommerperiode ist für Wien charakteristisch, dass die Regen meist und am stärksten erst am Abend und in den ersten Nachtstunden fallen, also mit sinkender Temperatur nach Sonnenuntergang. — Ähnliches ist in Klagenfurt und Bern konstatiert,

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 221.

so dass Prof. Hann bemerkt, es könne das späte Abendmaximum der Regenmenge keine so lokale Erscheinung sein, sondern trete wahrscheinlich sehr verbreitet auf.

Über die Regenverhältnisse Norwegens hat Mohn eine wichtige Studie veröffentlicht[1]). Die absolute Regenwahrscheinlichkeit ergiebt sich für 21 Küstenstationen zu 0.160, für 10 Fjordstationen 0.149, für 7 Binnenstationen 0.115, für die Zahl der Regenstunden an einem Regentage findet sich in gleicher Reihenfolge der Gruppen resp. 8.69, 9.27, 7.47, für die Regenmenge an einem Regentage resp. 6.56, 4.87, 3.93, und für die Regenmenge in einer Regenstunde resp. 0.839, 0.603, 0.450, also durchweg Zunahme mit Annäherung an das Meer, ganz im Gegensatz zu Deutschland. Die Ursache dieses Verhaltens liegt übrigens klar auf der Hand. Was den Zusammenhang mit den Windrichtungen anbelangt, so liefern an der Ostküste und im Innern des südlichen Norwegen Winde aus Osten den geringsten, Winde von der Westseite den meisten Niederschlag. Haben die Westwinde den Gebirgsrücken überschritten, so treten sie auf der Ostseite als trockene Winde mit Föhncharakter auf. Die Intensität der Niederschläge erreicht an den meisten Orten ihr Maximum im Juli und August, ihr Minimum im Februar.

17. Winde und Stürme.

Messungen der Windgeschwindigkeit sind am Eiffelturme in verschiedenen Höhen ausgeführt worden[2]) in den Monaten Juli bis September 1889. Im Mittel fand sich in 303 *m* Höhe eine Geschwindigkeit von 7.05 *m*, in 21 *m* Höhe nur 2.24 *m* in der Sekunde. Die Geschwindigkeit ist oben bei Nacht grösser als am Tage, ihr Maximum mit 8.75 *m* trat um 11^h abends, das Minimum mit 5.25 *m* 10^h vormittags ein. Unten war das Maximum um 1^h nachmittags mit 3.19 *m*, das Minimum um 5^h abends mit 1.50 *m*.

Die Darstellung der Windverhältnisse eines Ortes ist Gegenstand einer eingehenden Studie von Dr. Hugo Meyer gewesen[3]). „Unsere klimatischen Kenntnisse“, betont er, „sind im wesentlichen auf die Mittelwerte gegründet, welche sich für die einzelnen klimatischen Elemente aus langjährigen Beobachtungen ergeben haben, und lange Zeit hindurch sah man in den Mittelwerten für die Klimatologie, ja selbst für die Meteorologie, das einzige Heil. Erst in den letzten Dezennien ist die früher schon von Brandes[4]) empfohlene synoptische Methode zur vollen und

[1]) Christ. Vidensk Selsk. Vorhandl. 1888. Nr. 12. Referat in der Meteorologischen Zeitschrift 1890 p. 9.
[2]) Annalen der Hydrographie 18. p. 114.
[3]) Annalen d. Hydrographie u. Maritimen Meteorologie. Heft 2. 1890.
[4]) H. W. Brandes, Beiträge zur Witterungskunde. Leipzig 1820.

wohlverdienten Anerkennung gelangt und hat bekanntlich für die Meteorologie die schönsten Früchte gezeitigt. Die Bildung von Mittelwerten hat aber bei der Betrachtung der Windverhältnisse eigentümliche Schwierigkeiten, und darin liegt wohl der Grund, dass diese verhältnismässig lange nur stiefmütterlich behandelt worden sind. Die älteren Meteorologen geben meistens nur diejenige Richtung an, aus welcher der Wind am häufigsten zu wehen pflegt. Das ist aber offenbar nur sehr mangelhaft und häufig auch verdächtig; denn nicht selten kommen an einem Orte verschiedene Windrichtungen nahezu gleich häufig vor. Der nächstliegende Ausweg, die Häufigkeit für alle Windrichtungen anzugeben, und zwar der Vergleichbarkeit wegen in Prozenten sämtlicher Beobachtungen, ist nur selten betreten worden, so z. B. von dem dänischen Botaniker J. F. Schouw in seiner auch heute noch sehr lesenswerten Abhandlung: „Beiträge zur vergleichenden Klimatologie“, Kopenhagen 1827[1]). Es heisst dort Seite 8: „Allein da diese (die Anzahl der Beobachtungen jedes Windes) für eine lange Reihe von Jahren sehr grosse Zahlen geben, da ferner in den hier benutzten Reihen nicht selten Lakunen für Tage oder Monate stattfinden, und da endlich, wenn man die Monate unter sich vergleichen will, die Schwierigkeit eintritt, dass die Monate nicht von gleicher Grösse sind, dieselbe absolute Zahl daher in den verschiedenen Monaten verschiedene Bedeutung hat, so habe ich die Windverhältnisse auf die Art gegeben, dass ich für jeden Wind den Quotienten angebe, welcher durch die Zahl der Beobachtungen des einzelnen Windes und die Gesamtzahl der Beobachtungen gebildet wird, und diese Quotienten in Dezimalen ausgedrückt. Auf diese Art, glaube ich, wird die Übersicht leichter und dabei genauer.“

Viel häufiger ist eine schon früher von Lambert[2]) vorgeschlagene Reduktionsmethode verwendet worden, besonders von Dove, Schübler und Kämtz. Diese Methode ist aus dem Bestreben, alle Winde zu einem mittleren Wind zusammenzusetzen, hervorgegangen. Es geschieht die Zusammensetzung nach dem Prinzip des Parallelogramms der Kräfte, indem die Winde als Kräfte aufgefasst werden, welche die Atmosphäre zu bewegen streben. Die Winde müssen dabei mit Rücksicht auf ihre Dauer und ihre Stärke in Betracht kommen. Versteht man daher unter den Buchstaben, welche die Windrichtung angeben, die Produkte aus der

---

[1]) Schouw bemerkt in dieser Abhandlung (es steht mir nur Heft 1 zur Verfügung) u. a., wie streng genommen nur Beobachtungen aus denselben Jahren vergleichbar sind, und wendet auch schon die später namentlich von Hann mit so grossem Erfolg benutzte Methode der Reduktion einer kurzen Reihe auf eine längere mit Hülfe gleichzeitiger Beobachtungen an.

[2]) Lambert, Nouveaux mémoires de l'acad. royal des sciences. Berlin 1777. Klasse de mathématique p. 36.

Dauer (Häufigkeit) und der Windgeschwindigkeit, und bezeichnet man durch A und B folgende Grössen:

$$A = E - W + (NE + SE - NW - SW) \cos 45^0$$
$$B = N - S + (NE + NW - SE - SW) \cos 45^0,$$

so ist:

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

die Grösse der Resultante, und es giebt:

$$\tang \varphi = \frac{A}{B}$$

die resultierende Windrichtung. Dabei ist die Zählung von N über E nach S gedacht.

Den nach diesen Formeln berechneten Grössen kommt aber thatsächlich nur eine geringe Bedeutung zu, und dass man trotzdem so viel Zeit und Mühe auf ihre Berechnung verwandt hat, erklärt sich wohl nur dadurch, dass man die Mittel lange Zeit für wertvoller gehalten hat, als sie wirklich sind. Auf einen Übelstand derselben hat bereits Kämtz[1]) hingewiesen. Es kann nämlich leicht der Fall eintreten, dass sich eine mittlere Windrichtung ergiebt, aus welcher der Wind gar nicht oder doch nur höchst selten geweht hat. „Aus diesem Grunde scheint es mir zweckmässig“, sagt Kämtz (l. c.), „mit diesem Verfahren noch das von Schouw (l. c.) befolgte zu verbinden; man vergleicht die Zahl der entgegengesetzten Winde, und indem man die Zahl des einen derselben als Einheit ansieht, sieht man den anderen als ein Vielfaches von ihm an“. Die NW-, N- und NE-Winde als nördliche, die NE-, E- und SE- als östliche Winde etc. zusammenfassend, giebt er dann das Verhältnis zwischen den nördlichen und südlichen und das zwischen den östlichen und westlichen Winden an. Dieses Verfahren hat indessen eine weitere Verbreitung nicht gefunden und ist längst ausser Übung.

Einen weiteren Übelstand, der sich auf die resultierende Windgeschwindigkeit bezieht, hat Listing[2]) hervorgehoben. „Für die Lebhaftigkeit der Luftströmungen giebt diese Grösse kein geeignetes Mass. Ein solches würden wir in der mittleren Geschwindigkeit der beobachteten Winde finden, ohne weitere Rücksicht ihrer veränderlichen Richtung. Jene Resultante ist die Entfernung, in welcher wir uns — die Atmosphäre als ruhend, den Beobachtungsplatz als bewegt gedacht — in einem bestimmten Zeitraume von dem Anfangspunkte der Bewegung befinden, geteilt durch den Zeitraum selbst. Der im allgemeinen krummlinige und nicht selten sehr komplizierte Weg, den bei dieser Betrachtungsweise die Windfahne im Luftmeere zurücklegt, kann nach einer gegebenen Zeit auf den Anfangspunkt zurückkehren, und dann

---

[1]) Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie **1.** p. 166. Halle 1831.

[2]) Listing, Nachrichten von der Königl. Gesellschaft zu Göttingen, 1857. 1888 p. 283.

läge der Fall vor, dass die Resultante des Windes Null wäre, und man würde sehr irren, wenn man dies für eine diese Zeit lang stattgehabte Windstille halten wollte. Fragen wir dagegen nach der Länge des in jener Kurve selbst zurückgelegten Weges, auf welchem während der wirklichen Bewegung die Geschwindigkeit (so gut es die Beobachtungsmittel gestatten) bei jeder einzelnen Windbeobachtung aufgezeichnet wird, so giebt uns die Summe der beobachteten Intensitäten die richtige Antwort, und diese Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividiert, giebt ein Mass für die mittlere Geschwindigkeit während des ganzen Zeitraumes." Diesen Wert, schlägt Listing vor, als Ventilation zu bezeichnen, „um den einigermassen doppelsinnigen Ausdruck „mittlere Stärke" zu umgehen", die nach der Lambert'schen Regel abgeleiteten Zahlen nennt er im Gegensatz dazu Prävalente. Diese Unterscheidung ist heute nicht mehr nötig, denn über die Unzweckmässigkeit der Lambert'schen Behandlungsweise der Winde besteht unter den Meteorologen wohl keine Meinungsverschiedenheit mehr, und Hann's[1]) Meinung, „dass eine Berechnung der resultierenden Windrichtung allein zu keinen reellen Resultaten führt, ja geradezu zu Missverständnissen führen kann", wird kaum auf Widerspruch stossen. Es ist gewiss nicht zu viel, wenn man der Lambert'schen Betrachtungsweise heute nur noch ein historisches Interesse einräumt. Man hat in der Klimatologie vielfach zu viel gerechnet, und in mancher Beziehung geschieht das auch noch heute; die Klimatologie ist in erster Linie eine beschreibende Wissenschaft.

Nach den modernen Ansichten hat die Behandlung der Windverhältnisse eines Ortes die folgenden Punkte zu berücksichtigen.

Zunächst die Windrichtung betreffend, so ist dieselbe nach dem Muster von Schouw ausführlich darzustellen. Man hat alle Beobachtungen nach der Zeit und nach der Windrichtung zu sondern. Aus diesen Tabellen ist dann mit Leichtigkeit die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen abzuleiten, und zwar ist die tägliche und die jährliche Periode der Häufigkeit zu geben. Auch wenn von einem Orte nur dreimalige Beobachtungen pro Tag vorliegen, wird es sich empfehlen, die jährliche Periode gesondert für die drei Termine abzuleiten. Die tägliche Periode ändert sich erfahrungsgemäss im Laufe des Jahres nur langsam, so dass es meistens gestattet erscheinen wird, mehrere Monate zusammenzuziehen und die Periode beispielsweise nur für die Jahreszeiten darzustellen, es erleichtert das die Übersicht sehr, darf aber natürlich nur geschehen, wenn man sich vorher versichert hat, dass die zusammengefassten Monate nicht wesentlich von einander abweichen. Aus den schon von Schouw angegebenen Gründen ist die Periode, die jährliche wie die tägliche, nicht

[1]) Hann, Annalen der Hydrographie etc. 1888. p. 293.

durch die Anzahl der einzelnen Beobachtungen anzugeben, sondern dadurch, dass man zeigt, wie oft die einzelnen Windrichtungen unter 100, bezw. 1000 Beobachtungen vertreten sind. Diese Reduktion ist so spät als möglich vorzunehmen, und es ist immer die Gesamtzahl aller Beobachtungen hinzuzufügen, wenn diese sich nicht von selbst versteht; denn nur dadurch wird es möglich, die ursprünglichen Zahlen wieder herzustellen, was in dem Falle viel Arbeit erspart, dass spätere Beobachtungen an die bereits verarbeiteten angeschlossen werden sollen.

Die Windstärke wurde früher nach einer vier-, sechs- oder achtteiligen, in neuerer Zeit fast allgemein nach einer zwölfteiligen, der sogenannten Beaufort-Skala geschätzt, so dass 0 Windstille und 12 den schwersten Orkan bezeichnet. Mit einer solchen Schätzung ist aber notwendig eine gewisse Willkür, eine Art persönlicher Gleichung verbunden, und dadurch wird die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Beobachtungen verschiedener Stationen sehr beeinträchtigt. Es gilt als der Erfahrung entsprechend, dass der Binnenlandbewohner die Windstärke durchgehends etwas höher schätzt, als der Küstenbewohner. Etwas besser steht es um die Angaben der registrierenden Anemometer, doch sind auch hier mancherlei Umstände vorhanden, welche die Angaben verschiedener Instrumente ihrem absoluten Werte nach schwer vergleichbar erscheinen lassen. Die Aufzeichnungen derselben werden durch die Exposition stark beeinflusst und werden nicht überall nach denselben Regeln reduziert veröffentlicht. Auch sind die Konstanten desselben Anemometers mit der Zeit schwer kontrollierbaren Änderungen unterworfen.

Nehmen wir indessen an, die von einer meteorologischen Station vorliegenden Angaben seïen unter sich homogen, so bietet sich die Frage dar, was haben wir in dem arithmetischen Mittel aus der Windstärke? und was ist über die Abweichungen von dem Mittelwerte zu sagen? — Für die Windstärke giebt es eine untere feste Grenze, nämlich 0, eine obere dagegen existiert nicht, nur für die Beaufort-Skala ist eine solche, 12, willkürlich angegeben. Man wird hieraus folgern können, dass im allgemeinen Abweichungen nach der Seite „zu klein“, soweit sie überhaupt vorkommen können, häufiger sind, als gleich grosse in der Richtung „zu gross“, und dass möglicherweise der Mittelwert selbst keineswegs die am häufigsten beobachtete Stärke ist. Es schien von Interesse, diesen Punkt an den Beobachtungen zu prüfen, zumal sich in dieser Hinsicht bei den anderen meteorologischen Elementen sehr charakteristische Erscheinungen teils schon gezeigt haben, teils noch zeigen werden. Ich habe daher aus den fünf Jahren 1879—1880, 1883—1885, für welche sowohl die Schätzungen als auch die Anemometerregistrierungen in „Meteorologische Beobachtungen in Deutschland“ für Keitum veröffentlicht sind, die Beobachtungen nach den Windstärken, bezw. Geschwindigkeiten geordnet und

gebe im ersten Teile der folgenden Tabelle die Häufigkeit, mit welcher die einzelnen Stärkegrade der Beaufort-Skala notiert worden sind, und im zweiten Teile die Häufigkeit der verschiedenen Windgeschwindigkeiten (Meter per Sekunde) nach Gruppen von je 1 *m* Umfang, so dass die mit 0, 1, 2 ... überschriebenen Kolonnen alle die Registrierungen enthalten, welche zwischen 0.00 und 0.99, 1.00 und 1.99, 2.00 und 2.99 etc., Grenzen eingeschlossen, liegen; es sind also 0.495, 1.495, 2.495 ... die den einzelnen Gruppen entsprechenden mittleren Windgeschwindigkeiten. Von den Registrierungen sind nur die aus den den Beobachtungsterminen 8 a, 2 p, 8 p unmittelbar voraufgehenden Stunden benutzt. Überall sind die Häufigkeitszahlen derjenigen Windstärken, denen die mittleren zunächst liegen und derjenigen Gruppen, in welche die mittleren Windgeschwindigkeiten hineinfallen, fett gedruckt und die grössten Häufigkeitszahlen durch ein Sternchen ausgezeichnet. Da es hier weniger auf eine Vergleichung der Jahreszeiten unter einander als auf den Gang der einzelnen Zahlenreihen selbst ankommt, erscheint eine Umrechnung auf Prozente nicht erforderlich.

Keitum, 5 Jahre, 1879—80, 1883—85.
Geschätzte Windstärken nach Beaufort. Täglich drei Beobachtungen.
Anzahl der Beobachtungen der einzelnen Stärkegrade.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittel
Winter	61	258	259	**283***	126	138	71	37	15	7	1	3.0
Frühling	29	273	282	**356***	217	133	61	22	2	—	—	2.9
Sommer	46	334*	326	**329**	201	102	28	10	2	2	—	2.6
Herbst	29	329*	262	**315**	190	133	50	31	13	3	—	2.8
Jahr	165	1194	1129	**1283***	834	506	210	100	32	12	1	2.8

Windgeschwindigbeit, geordnet nach Gruppen von 1 *m* per Sekunde Umfang.
Anzahl der Beobachtungen der einzelnen Gruppen nach täglich drei Terminen.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Winter	79	98	115	162*	139	**144**	133	110	114	89	47
Frühling	52	99	132	153	181	**186***	152	136	100	66	51
Sommer	65	112	150	193*	188	**180**	134	125	98	54	39
Herbst	59	123	139	162	163*	**139**	140	126	99	72	52
Jahr	255	432	536	670	671*	**649**	559	497	411	281	189

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Mittel
Winter	48	25	17	12	7	8	3	3	—	2	5.93
Frühling	31	17	14	5	2	1	1	—	—	—	5.63
Sommer	8	9	5	3	1	1	1	—	—	—	5.08
Herbst	33	22	12	8	5	1	1	4	—	1	5.63
Jahr	120	73	48	28	15	11	6	7	—	3	5.57

Diese Zusammenstellung bestätigt die obige Folgerung durchaus; der Abfall der Häufigkeitskurve von ihrem Scheitel ist nach der Richtung abnehmender Stärken und Geschwindigkeiten viel weniger steil, als nach der entgegengesetzten Richtung, und zwar für alle Jahreszeiten. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist keineswegs auch immer die am häufigsten beobachtete. Vergleicht man diese Tabellen mit den entsprechenden, auf die Lufttemperatur

und die Regendichte bezüglichen („Met. Zeitschr.“, Bd. 4, p. 428, 1887, Bd. 5, p. 141 und 230, 1888, und „Archiv der Deutschen Seewarte“, 1888, Nr. 6), so erkennt man auf den ersten Blick, eine wie sehr verschiedene Bedeutung dem arithmetischen Mittel bei den verschiedenen meteorologischen Elementen zukommt Es mag hier beiläufig bemerkt werden, dass bei der Bewölkung die Verhältnisse wiederum ganz anders liegen; die mittlere Bewölkung fällt nämlich auf einen Grad, der relativ sehr selten beobachtet wird. Es bezieht sich dieses zunächst nur auf das Verhältnis der einzelnen Beobachtungen zum allgemeinen Mittel. Nun aber gilt dasselbe Gesetz für die Beziehungen der einzelnen Monatssummen des Niederschlags zu dem arithmetischen Mittel aus ihnen wie für die der Niederschlagsmengen der einzelnen Tage Regendichte, wenn auch abgeschwächt, und ähnliches für das Verhältnis der täglichen Temperaturmittel zum Monatsmittel wie für die einzelnen Monatsmittel zum Gesamtmittel aus langjährigen Beobachtungen; man wird daher auch vermuten, dass sich die Mittelwerte der Windgeschwindigkeit desselben Monats um das langjährige Mittel ähnlich gruppieren werden, wie die Einzelbeobachtungen selbst, nur werden die Unterschiede der Abweichungen geringer sein.

Durch Zusammenfassung der einzelnen Beobachtungen erhält man in der bekannten Weise die jährliche und die tägliche Periode der Windstärke. Drei tägliche Beobachtungen reichen zur Charakterisierung derselben zwar nicht aus, es empfiehlt sich aber doch, wenn keine anderen Beobachtungen vorhanden sind, die jährliche Periode für die drei Termine besonders abzuleiten. Die Untersuchung der täglichen Periode und ihrer Änderung im Laufe des Jahres auf Grund der stündlichen Anemometeraufzeichnungen bietet das grösste Interesse und ist in neuerer Zeit wiederholt und ausführlich behandelt worden[1]). Dabei hat sich eine Menge von Resultaten ergeben, welche zum Teil noch der Bestätigung bedürfen.

Zunächst tritt uns die Frage nach der Amplitude der täglichen Periode entgegen, und es fragt sich, wie dieselbe zu messen ist. In der Regel bezeichnet man in der Meteorologie bekanntlich als Amplitude die Differenz zwischen Maximum und Minimum, und es wird daher gut sein, diese Bezeichnung beizubehalten, und

---

[1]) Ich nenne hier nur: Hjelström: Om den dagliga Föränderingen i Vindens Hastighet, Upsala 1877. Hann: Die tägliche Periode der Geschwindigkeit und der Richtung des Windes, Wiener Sitzungsberichte, mathem.-naturw. Klasse, **79.** Abt. 2. 1879. Der tägliche und jährliche Gang der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung auf der Insel Lesina, Annal. d. Hydr. 1888. Köppen: Die tägliche Änderung der Windstärke über dem Lande und dem Meere, Ann. d Hydr. 1883. Hamberg: Sur la variation diurne de la force du vent, Bihang till K. Svenska Akademiens Handlingar. **1.** 5. Nr. 24. 1880. **2.** 6. Nr. 5. 1881. **3.** 8. Nr. 7. 1883. In der Einleitung dieser letzten Abhandlung findet man die einschlägige Litteratur sehr ausführlich angegeben.

wenn man die tägliche Änderung nach einem anderen Masse misst, auch einen anderen Namen einzuführen. Eine Änderung des Masses der Schwankung kann nun wünschenswert oder notwendig erscheinen, wenn die Abweichungen gross sind im Verhältnis zum mittleren Werte (wie bei den Niederschlägen), oder auch wenn das beobachtete Mittel selbst zu verchiedenen Zeiten sehr verschiedene Werte aufweist (wie das bei dem Winde der Fall ist), denn es pflegt die Schwankung einer Grösse zu dieser Grösse selbst in einer gewissen Beziehung zu stehen. Als Mass der Schwankung bietet sich alsdann das Verhältnis der extremen Werte zu einander, eine Grösse, die man passend die relative Schwankung nennen wird. Ob man bei den Windverhältnissen die Amplitude oder die relative Schwankung als massgebend zu betrachten hat, darüber hat Hann gezeigt, dass die Beziehungen der täglichen Periode der Windgeschwindigkeit zur Windstärke, zur Temperatur und zur Bewölkung bei Benutzung der relativen Schwankung durchweg besser hervortreten, als bei Benutzung der Amplitude. Man wird sich daher für das Verhältnis Maximum zu Minimum als Mass der Schwankung der Windstärke entscheiden, vielleicht aber ist es gut, die Differenz Maximum — Minimum einstweilen noch nebenbei mitzuführen.

Eine derartige summarische Behandlung der Windstärke, wie wir sie bislang behandelt haben, ist aber für eine genaue Charakteristik der Windverhältnisse eines Ortes nicht ausreichend. Es hat sich gezeigt, dass die tägliche Periode verschieden ist für die verschiedenen Windrichtungen und für Winde verschiedener Stärke, und dass sie wesentlich bedingt wird auch durch die Temperatur und die Bewölkung. Auf alle diese Punkte muss deshalb Rücksicht genommen werden.

Man hat also zunächst neben jener summarischen Darstellung der täglichen Periode diese auch in ganz derselben Weise für mindestens acht Windrichtungen abzuleiten. Die Berücksichtigung der Geschwindigkeit geschieht in der Weise, dass man die Wege berechnet, welche die verschiedenen Winde in derselben Zeit zurücklegen. Diese Windwege sind durch die Summen der Geschwindigkeiten direkt gegeben, wenn diese in Kilometern pro Stunde vorliegen; ist die Geschwindigkeit aber durch Meter pro Stunde definiert, so hat man die Metersummen sämtlich mit 3600 zu multiplizieren, um die wahren Windwege in Metern zu erhalten; da aber hierdurch der Gang der Zahlen nicht geändert wird, so kann man diese Multiplikation auch unterlassen. — Dividiert man alsdann den Weg jedes Windes durch eine Häufigkeit zu der betreffenden Stunde, so erhält man die tägliche Periode der mittleren Geschwindigkeit für die einzelnen Windrichtungen.

Sehr zu empfehlen ist hierneben eine gesonderte Untersuchung der starken und stürmischen Winde. Zu den starken Winden sind die mit 10 *m* pro Sekunde und mehr, zu den stürmischen

die mit 15 *m* pro Sekunde und mehr zu rechnen. Im allgemeinen ist eine solche Untersuchung nach denselben Gesichtspunkten durchzuführen, wie die der Winde überhaupt, von einigen Besonderheiten, so namentlich von der Beziehung der stürmischen Winde zu den barometrischen Depressionen, wird im zweiten Teile dieser Abhandlung die Rede sein.

Die Frage, in welchem Verhältnis die Stärkegrade der Beaufort-Skala zur absoluten Windgeschwindigkeit stehen, ist wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen; die Resultate aber, zu denen man gelangt ist, weichen sehr von einander ab (vgl. Köppen, „Quat. Journ. of the R. Meteor. Soc.", Vol. XI, 1885, „Met. Zeitschr., 3, p. 230, 1886). Die Abweichungen haben ihren Grund zum Teil in der unvermeidlichen Willkür bei der Schätzung, zum Teil beruhen sie auf verschiedenartiger Berechnung der Anemometeraufzeichnungen und der Verschiedenheit der Instrumente, zum Teil endlich erklären sie sich auch wohl aus einem systematischen Fehler bei der Vergleichung der Schätzung mit der Messung, der darin beruht, dass man bei dieser Vergleichung die Anemometerangaben nach der Grösse der Schätzungen ordnete, während man, wie Köppen („Meteorol. Zeitschr.", 5, p. 239, 1888) gezeigt hat, gerade umgekehrt verfahren muss. Die Windgeschwindigkeiten, wie sie den Anemometeraufzeichnungen entnommen werden, sind Integralwerte bestimmter Zeitabschnitte, sie liegen also zwischen den extremen Werten der Geschwindigkeit während jener Zeitabschnitte. Die geschätzten hohen Momentanwerte entsprechen dagegen zumeist der grössten Geschwindigkeit innerhalb jener Zeit. Wenn man also jene Integralwerte nach den geschätzten Momentanwerten ordnet, so werden ihre Differenzen zu klein ausfallen, und die Werte aller Stufen werden dem Mittel angenähert. „Umgekehrt aber darf man das Mittel vieler zufällig herausgegriffener Momentbeobachtungen als eine richtige Probe (Muster) der betreffenden Stunden ansehen, welche nach ihrem Windwege charakterisiert sind, und erhält man also aus einer Anordnung nach Anemometerangaben ein einwurfsfreies Resultat. Will man die den ganzen Graden der Schätzungsskala entsprechenden Windgeschwindigkeiten kennen lernen, so muss man sie aus den gewonnenen Mittelwerten durch Interpolation ableiten."

Nach dieser strengeren Methode sind bisher erst wenige Reduktionen vorgenommen, und es ist daher dringend zu raten, wo das nötige Material dazu vorliegt, das Äquivalent der Schätzungsskala zu berechnen."

Warme Winde an der Küste Grönlands sind seit längerer Zeit bekannt und haben anfangs zu abenteuerlichen Erklärungen geführt, bis Hann und nach ihm Hoffmeyer nachwiesen [1]), dass besonders bei den SE-Winden an der grönländischen Westküste

[1]) Zeitschrift der Österr. Gesellschaft für Meteorologie **13.** p. 65.

die Wärme eine thermodynamische ist, verursacht durch das Heraufsteigen an der grönländischen Hochebene im Osten und nachfolgendes Herabsinken von den Höhen zum Meeresstrande an der Westküste. Dieser Ansicht tritt A. Paulsen entgegen [1]). Um zu entscheiden, durch welche Winde Grönland im allgemeinen Wärme zugeführt wird, hat er die thermischen Windrosen für Godthaab und Upernivik, die beiden besten Windstationen daselbst berechnet. „Diese beiden Windrosen erweisen am entschiedensten, dass Grönland während des Winters Wärme erhält durch südliche Winde, also durch solche, die aus dem Atlantischen Meere durch die Davisstrasse und die Baffinsbucht kommen, nicht aber durch solche, die von dem Meere östlich von Grönland herrühren und quer über dieses eisbedeckte Hochland wehen. Obwohl nun auch die südlichen Winde allgemein die höchste Temperatur haben, sind es doch in den besonders milden Perioden sehr oft eben nicht die S-Winde, sondern Winde von E-Quadranten, welche die wärmsten sind".

Zur Untersuchung der Bedingungen, unter welchen solche milde Winde vorkommen, betrachtet Paulsen verschiedene Wetterperioden von kurzer Dauer und findet, dass die Milderung des Wetters stets einem Barometerminimum folgte, das sich vom Süden Grönlands bis nach der Diskobucht bewegte. „Die Temperaturerhöhung wird herbeigeführt durch die südlichen Luftströmungen an der Ostseite des Barometerminimums. Winde aus dem Ostquadranten sind nur dann von besonders hoher Temperatur, wenn sie in der Nähe des Zentrums einer Depression wehen; sie sind also nur Abweichungen des südlichen Windes an der Ostseite. Wenn die östlichen Winde feucht sind, sind sie unter solchen Umständen immer etwas kälter als die ihnen folgenden Südwinde; nur wenn sie trocken sind, sind sie wärmer. In diesem Falle sind sie durch die Küstengebirge zu Föhnwinden geworden".

Damit eine Erwärmung von längerer Dauer eintreten kann, muss natürlich die Verteilung des Luftdruckes eine solche sein, dass südliche Luftströmungen durch die Davisstrasse und die Baffinsbucht die Westküste Grönlands entlang wehen können. „Der Wind braucht in solchen Fällen nicht immer von Süden zu wehen. Unter solchen Umständen wehen allgemein auch Winde aus dem Ostquadranten, weil dann Depressionen sich häufig von Süden gegen Norden bewegen. Bekanntlich war Hoffmeyer der Meinung, dass der Hauptstrom ein südöstlicher sein müsste; er setzte es daher als eine notwendige Bedingung des Eintritts einer „Föhnperiode" oder, was richtiger ist, einer besonders milden Periode, voraus, dass der Luftdruck höher sein müsste in Stykkisholm als in Jacobshavn und hier wieder höher als in

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 241.

Iviktut. Eine solche Verteilung des Luftdruckes ist natürlich nicht notwendig, damit südliche Winde von dem Atlantischen Meere kommend längs der Westküste Grönlands wehen können".

Paulsen bespricht des näheren einige milde Witterungsperioden, in welchen die Verteilung des Luftdruckes derjenigen in der von Hoffmeyer untersuchten Periode teilweise oder ganz entgegengesetzt war, und keine Föhnwinde geweht haben. „Solche kommen gewiss sehr häufig vor, aber nur, wenn barometrische Depressionen im Meere westlich von Grönland eine östliche Abweichung einer allgemeinen südlichen Luftströmung hervorbringen, so wie wir es oben bei der Betrachtung milder Perioden von kurzer Dauer gesehen haben. So war es nun auch der Fall in der von Hoffmeyer näher untersuchten Periode".

Die Ausführungen von Paulsen sind übrigens durchaus nicht völlig zutreffend. In der Hann'schen Theorie des Föhn in Grönland ist es von ganz untergeordneter Bedeutung, ob das Innere dieser grossen Insel ganz von dem Südostwinde überweht wird, oder ob nur der westliche Teil überweht wird von Winden der NE-Seite einer in SW liegenden Depression. Es ist lediglich von Wichtigkeit, dass die Luft aus der Höhe herabkommt eine andere Ursache für die Erwärmung dort als die dynamische giebt es nicht [1]).

Die von der ostgrönländischen Expedition unter G. Holm 1883—85 gemachten Beobachtungen führen zu Schlüssen, die hiermit durchaus im Einklange stehen. „Wir sehen", bemerkt hierüber Hann [2]), „dass, so wie in unseren Alpen je nach der Lage der vorüberziehenden Barometerminima zum Gebirgszuge, der Föhn bald auf der einen, bald auf der anderen Seite desselben auftritt, dass aber die vorübergehend wärmsten und trockensten Winde überall vom Gebirge herabwehen, die Ursache der hohen Wärme also eine dynamische ist, das rasche Herabsinken der Luft aus einem höheren Niveau; wie dies ja besonders auch die begleitende relative Trockenheit beweist.

Interessant ist ferner in der obigen Charakterisierung des Auftretens des Föhn in Grönland die Hervorhebung des Umstandes, dass der Föhn zumeist gerade vorn, sozusagen am Kopfe der fortschreitenden Depression eintritt (E und SE an der Westküste, NE und N an der Ostküste). Es stimmt dies überein mit den Erfahrungen in den Alpen und zeigt, dass die Wärme anfangs nicht weit von Süden herbeigeführt wird, sondern auf den ersten Impuls des herannahenden Minimums zum Herabsinken der Luft sogleich eintritt, an Ort und Stelle entsteht. Da wir in den Alpen Stationen in allen Höhen und namentlich auch auf den Kammhöhen besitzen, konnte man dort direkt aus den Beob-

---

[1]) Vergl. Meteorologische Zeitschrift 1890. p. 269. Anmerkung.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 379.

achtungen zeigen, dass die an Ort und Stelle lagernden höheren Luftschichten, indem sie durch das herannahende Minimum zum Herabsinken veranlasst werden, im Hintergrunde der Alpenthäler als Föhn auftreten.

„Die neueren Mitteilungen aus Grönland machen es höchst wahrscheinlich, dass an der West- und Ostküste von Grönland ganz dasselbe stattfindet. Es kann wohl auch nicht anders sein. Die Winde an der Vorderseite eines heranrückenden Minimums sind ja beginnende Winde, es ist dort nicht Luft, die von weit her kommt, sondern Luft die anfängt, sich in Bewegung zu setzen um dem Impulse des herannahenden Barometerminimums zu folgen. Trifft dieser Impuls in Gebirgsthälern ein, die sich beiläufig in der Richtung dieser Winde erstrecken, so bewirkt die Aspiration (der Gradient) im Hintergrunde des Thales ein oft stürmisches, stossweises Herabsinken der Luft, die früher über dem Gebirge lagerte, und diese Luft nimmt dabei die Eigenschaften des Föhn an. Da sich die Luft um 1° C. für je 100 *m* Herabsinken erwärmt, so wird eine genügende Temperaturerhöhung der Luft dadurch bewirkt.

Im Winter liegt über dem eisbedeckten Innern Grönlands sicherlich ein Barometermaximum; schon die Lage dieser Gebirgshalbinsel zwischen dem Barometerminimum des Nordatlantischen Ozeans und jenem der Davisstrasse lässt mit Sicherheit darauf schliessen. Es ist ja gerade so bei den Alpen der Fall, die dynamischen Ursachen zur Entstehung eines Barometerminimums sind über dem eisbedeckten Hochplateau der grönländischen Halbinsel nur noch viel kräftiger. Es ist deshalb auch kein Zweifel, dass während der Zeit hohen Luftdruckes, vor dem Herannahen der Minima, die Erscheinung der Wärmezunahme mit der Höhe auch in Grönland anzutreffen sein wird. Die im Gebiete des Luftdruckminimums über dem grönländischen Plateau herabsinkende Luft wird relativ milde sein, wenn auch nicht mehr unmittelbar auf dem Plateau selbst. Gleichzeitig fliessen dann die durch Strahlung auf dem Plateau erkalteten Luftmassen als lokale kalte Thalwinde in die Fjorde hinab und hinaus. Es sind dies die kalten Ostwinde, die noch kurz vor dem Herannahen des Minimums wehen. Sowie aber der Impuls des herannahenden Minimums die Luft in stärkere allgemeine Bewegung versetzt, stürzt die Luft aus grösseren Höhen in die Fjorde herab, und die in diesen Höhen milde Luft der Anticyklone, gegen das Minimum hingezogen, nimmt die Eigenschaften des Föhn an. Derart folgen auf die eisigen lokalen Ostwinde ganz unvermittelt die warmen Ostwinde, der Föhn. Soweit aus einigen Mitteilungen von Mohn hervorgeht, dürften ähnliche Erscheinungen auch an der Küste von Norwegen zu finden sein.

„Die eisigen lokalen Winde, welche im Gebiete eines Barometermaximums die über den schneebedeckten Gebirgen durch

Strahlung erkalteten Luftmassen in die Thäler hinab führen, sind in den Alpen und wohl in allen Gebirgen der höheren Breiten wohl bekannt. Dabei herrscht auf den Höhen mildes Wetter die kalten Luftmassen sind seicht und stagnieren zumeist in den Thälern. Dies Übereinandersein warmer und kalter Luft bewirkt auch beim Beginne des Föhn die grossen zeitlichen und lokalen Temperaturverschiedenheiten. Sehr warme Luftmassen können mit kalten wechseln, die aus der gleichen Richtung kommen, sowie der Impuls zum raschen Herabsinken der oberen Luft nachlässt, oder die Örtlichkeiten dasselbe nicht begünstigen. Ebenso können trockene und feuchte Winde wechseln, weil ja die Trockenheit nur lokal in den rasch herabsinkenden Luftmassen, die dynamisch sich erwärmen, anzutreffen ist. Dies ist der Beginn des Föhn. Rückt das Minimum näher heran, (gleicherweise auch bei längerer Aktion eines stationären Minimums) so werden immer mehr und mehr die Luftmassen fernerer Gegenden herbeigezogen. die Erwärmung wird allgemein und ist nicht mehr bloss auf die Föhnlokalitäten beschränkt, sie wird zugleich gleichmässiger. An den Föhnstationen ist sie aber lokal gesteigert, und die Luft dabei trocken. Föhnwinde sind durch ihr Herabsinken von einem Gebirge lokal stärker erwärmte Luftströmungen im Gefolge vorüberziehender Minima. Die allgemeine Bewegung der Luft bewirkt dann auf der einen Seite des Gebirges Niederschläge, welche eine verminderte Abkühlung der aufsteigenden Luft bewirken und dadurch die Fortdauer des Föhn auf der anderen Seite sichern. Diesen Vorgang allein hat Hoffmeyer in seiner Abhandlung berücksichtigt, wir möchten denselben den stationären Föhnzustand nennen.

„Die Breite von Grönland (ca. 800 *km* oder etwas über 100 deutsche geographische Meilen unter dem Polarkreise) wäre an sich kein Hindernis, die Hoffmeyer'sche Darstellung der Entstehung des Föhn in Grönland als richtig anzuerkennen. Nehmen wir an, ein ziemlich stationäres, genügend tiefes Minimum befinde sich in der richtigen Position am Ausgange der Davisstrasse, so dass längere Zeit Luft vom Atlantischen Ozean her über ganz Grönland zu wehen gezwungen wäre, so würden wir ganz sicher in den westgrönländischen Fjorden relativ warme und trockene Winde, d. h. Föhnwinde antreffen. Die Wärme dieser Winde würde thermodynamisch, durch das Heruntersinken der Luft an der Westküste aus einer Höhe von mehr als 2—3000 *m* entstehen. Darüber kann bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse über die Physik der Atmosphäre wohl kein Zweifel obwalten. Ob die Veranlassung zu diesem Vorgange in der That in Grönland zuweilen anzutreffen ist, darüber können nur synoptische Studien entscheiden".

Jedenfalls ist das Prinzip der Hoffmeyer'schen Erklärung richtig, und es kommt dabei im Grunde genommen nichts

darauf an, ob die heruntersinkende Luft die ganze Breite Grönlands überschritten hat oder nicht.

Die Monsune und Stürme des Indischen Meeres sind von dem genauesten Kenner der meteorologischen Verhältnisse Indiens, Henry F Blanford, in ihrem Auftreten dargestellt worden [1]). „Beginnen wir“, berichtet über diese Arbeit die „Hansa“ 1890. Nr. 25 im Auszuge, „mit dem NO-Monsun im Januar. Derselbe weht im nördlichen Teile der Bai von Bengalen nur leicht durch, häufig ist es ganz windstill, wogegen nach der Mitte der Bai und südlich der Mündung des Godavery (17° N 80° O, Ostküste Vorderindiens) er beständiger durchweht, südlich von Madras heftiger wird mit grober See und bei Ceylon und im Süden der Bai stürmisches Wetter bringt. Im arabischen Meer tritt der NO-Monsun an der indischen Küste leicht auf, wird weiter nach Westen kräftiger und stetiger und weht aus N bis NO. Im NW der Bai, an der Küste von Bengalen und Orissa (20° N 80° O) hört dieser Wintermonsun eigentlich schon mit Ende Januar auf, doch wehen leichte nördliche Winde gegenüber an der Arracan-Küste noch einige Wochen weiter, und in der Mitte und im Süden der Bai weht der NO-Monsun noch bis in den März durch, allmählich freilich weniger stetig und mit Neigung zu östlicher Richtung. In der arabischen See dagegen krimpt er durch NW nach W, sowie das Barometer infolge der steigenden Wärme zu fallen anfängt; aber das Wetter bleibt schön, wie überhaupt das arabische Meer nach dem März seltener von stürmischer Witterung heimgesucht wird als mitunter die Bai von Bengalen in der Zwischenzeit zwischen dem Winter- und Sommer-Monsun. Während im Mai leichte westliche und nordwestliche Winde im arabischen Meer vorherrschen, beginnt in der Bai von Bengalen der SW-Monsun erst etwas unstät und oft von Stillten unterbrochen, wenn auch diese schon seltener als im März und April auftreten. Von heftigen Niederschlägen begleitet, setzt aber auf Ceylon und Travancore, sowie an der Küste von Tenasserim in Hinterindien der SW-Monsun ein und nimmt dann innerhalb 2—3 Wochen Besitz von der Bai von Bengalen und der arabischen See bis zu ihren nördlichen Küsten. Dieser Sommermonsun ist eine viel stärkere Luftströmung als sein winterlicher Gegner; deshalb heisst er auch in Indien einfach der „Monsun“, eine Bezeichnung, welche dem Wintermonsun als solchem nie in der Kürze gegeben wird. — Bei den Stürmen muss man die Stürme im Golf von Bengalen von denen im arabischen Meer scheiden. Was die Stürme in der Bai von Bengalen anbetrifft, so lehrt die Erfahrung, dass mit einer vereinzelten Ausnahme die nördliche Hälfte der Bai vom Ende der ersten Dezemberwoche an bis

[1]) Blanford, A practical Guide to the Climates and Weathers of India. London 1889.

gegen Ende April, d. h. also etwa $4^1/_2$ Monate lang, durchaus als sturmfrei angesehen werden darf, und dass Stürme nach Mitte November sehr selten auftreten. Im März und April treten sehr starke SW-Winde, welche zuweilen zu mässigen Stürmen anwachsen, von den Ganges-Mündungen bis zum Nordosten der Bai auf, ohne jedoch die Eigenart der Wirbelstürme anzunehmen. Im Mai, der ersten Hälfte des Juni und im Oktober und November kommen Wirbelstürme in jedem Teile des Golfs vor; in der zweiten Hälfte dieser Monate ziehen sie sich nach den Küsten von Orissa und Bengalen, gleichviel ob sie aus der Mitte oder dem südlichen Teile des Golfs herstammen. In der ersten Hälfte des Oktobers treten sie an der Küste von Orissa und Bengalen doppelt so häufig auf als an der Madrasküste; in der zweiten Hälfte desselben Monats verkehrt sich das Verhältnis in sein Gegenteil, und im November sind Stürme im Norden des Golfs schon seltene Ereignisse. Im Juni weiss man nur von je einem Wirbelsturm in Madras und Akyab. Alle anderen haben Bengalen, Orissa und deren Küsten heimgesucht, und die Wirbelstürme des Sommermonsuns haben sich alle im Norden der Bai meistens zwischen False Point und Chittagong, d. h. vor den Ganges-Mündungen, entwickelt. Die Stürme des arabischen Meeres sind nicht so bekannt als die des Golfs von Bengalen und verdienen deshalb, fleissiger studiert zu werden. Das Beobachtungsmaterial ist bislang sehr unvollständig und verzettelt; hier können fleissige, umsichtige Beobachter sich Palmen verdienen. Die stürmische Jahreszeit scheint im arabischen Meer weniger scharf begrenzt zu sein als in der Bai von Bengalen. In einem Punkte tritt ein grosser Unterschied gegen letztere Gegend hervor, dass nämlich im Mai und Juni Stürme verhältnismässig häufiger, im November und besonders im Oktober dagegen viel seltener auftreten. Ganz besondere Sorgfalt entfaltet Blanford bei den Peilungen des Mittelfeldes der Wirbelstürme gegenüber der herrschenden Windrichtung; einer Frage von hervorragender Wichtigkeit für den Seemann, weil er ja aus ihnen noch mehr als aus dem Fallen des Barometers seinen Ort dem Sturmfelde gegenüber und denjenigen Kurs feststellen muss, auf welchem er der vernichtenden Orkangewalt in der Nähe des Mittelfeldes entgehen kann. Die Untersuchung der Sturmkarten des Indischen Meteorologischen Amtes ergiebt: 1. dass im Norden der Bai, mit dem Wind recht von hinten lenzend; das Mittelfeld durchschnittlich 5 Strich über Backbord voraus peilt (d. h. 3 Strich vorderlicher als dwarslinks); 2. dass diese Peilung in jeder Entfernung vom Mittelfeld als richtig angenommen werden darf, solange die Winde stürmisch zu nennen sind; 3. dass im Süden der Bai das Mittelfeld etwa $^1/_2$ Strich weniger über Backbord voraus peilt (also $3^1/_2$ bis sogar 4 Strich vorderlicher als dwarslinks). 132 wirkliche Beobachtungen aus der nördlichen Hälfte der Bai ergaben dabei einen

mittleren Fehler von + 21° oder etwa + 2 Strich zu beiden Seiten der durchschnittlichen Peilung, woraus sich die zu beobachtende Rücksicht ergiebt, dass das Mittelfeld irgendwo zwischen 1 und 5 Strichen vorderlicher als dwars anzunehmen ist. In einer Entfernung von 50 Seemeilen vom Mittelfeld, wo die Winde mit Orkangewalt wehen, zeigen die Beobachtungen mit viel grösserer Einhelligkeit, dass das Mittelfeld von einem vor dem Winde lenzenden Schiff zwischen 2 und 4 Strich vorderlicher als dwars über Backbord liegt. Im Süden der Bai peilt das Mittelfeld weiter leewärts. In Ceylonstürmen peilt es wahrscheinlich 2 bis 6 Strich vorderlicher als dwars ab. Von Blanford's Steuerregeln in der Bai von Bengalen für praktische Seeleute können wir hier nur das Wichtigste bringen, nämlich, wie man das Herz des Sturms zu vermeiden hat, welches höchstens einige hundert Meilen, meist aber viel weniger umfangreich ist. Wenn ein Schiff von südwärts heraufkommt mit starkem SW-Wind, gelegentlichen Böen und Regenschauern und langsam fallendem Barometer — und dies kann sich jederzeit zwischen Mitte oder selbst Anfang Juni und Mitte September ereignen —, so ist fast mit Sicherheit auf das Dasein eines Sturmmittelfeldes nördlich von 16° N, im Juli oder August wahrscheinlich nicht südlicher als 19° zu rechnen. Weil Stürme in dieser Jahreszeit gewöhnlich zwischen N und W und mit seltenen Ausnahmen sogar zwischen WNW und NW vorwärts ziehen, so ist es für ein Segelschiff am ratsamsten, östlich abzuhalten, um den Ostquadranten zu umgehen und die dort vorzufindenden Ost- und SO-Winde als günstige Gelegenheit zu benutzen zur Fahrt golfaufwärts; doch ist Vorsicht dabei nötig. Im Mai, Oktober und November können Cyklonen an jeder Stelle der Bai angetroffen werden, dann giebt die beste Anleitung zur Bestimmung ihres Ortes die Schnelligkeit des Sinkens des Barometers, während das Schiff Kurs hält, und die Richtung des Windes, wobei man des Vorstehenden eingedenk sein soll, dass in der Regel vom lenzenden Schiff das Mittelfeld nicht rechtwinkelig oder dwars, sondern wahrscheinlich zwischen 1 und 5 Strich vorderlicher als dwars, wenn man sich im Norden der Bai und 2 bis 6 Strich vorderlicher als dwars peilt, wenn man sich auf der Breite von Madras, Ceylon und den Nicobaren befindet. Würde man also vor dem Winde lenzen wollen, so würde dieser Kurs das Schiff unfehlbar ins Mittelfeld bringen, weil ein lenzendes Schiff sich in der Regel schneller als das Mittelfeld bewegt. Ein Schiff aber, welches in den Monaten Juni bis September den Hoogly verlässt, wird hinlängliche Warnung über die bevorstehende Witterung von den östlichen Winden und dem Sinken des Barometers und äussersten Falles von den Sturmsignalen der Telegraphenstationen erhalten. Im Mai, Oktober und November liegt die Brutstätte des Wirbelsturms gewöhnlich weit unten in der Bai, und der Wirbel hat Zeit, sich zu dem wütenden

Orkan zu entwickeln, bevor er die Küste erreicht. Schiffe auf der Rhede von Madras oder einer der Rheden der Cornatic-Küste versuchen, bei Annäherung einer aus der Bai heranziehenden Cyklone gewöhnlich im Westquadranten nach Süden zu entschlüpfen. Segelschiffe haben unter solchen Umständen fast gar keine andere Wahl, weil sie ja doch gegen die schweren Nordwinde und die starke NW-Strömung nicht aufkreuzen können, um so dem Mittelfelde zu entgehen, besonders wenn dasselbe gegen einen Punkt im Norden ihrer Rhede zusteuert. Von Rangoon oder Moulmein bei stürmischem NO und fallendem Barometer kommende Schiffe können vor dem Wirbelsturm in der Andamanen-See nichts besseres thun, als wenn sie ihre Abreise aufschieben, bis der Sturm über Land verschwunden ist, wenn er nördlich zieht, oder bis er auf dem üblichen NW-Kurs vorbeigezogen ist, welches aus dem Steigen des Barometers und der nach Ost und südlich von Ost sich verändernden Windrichtung zu erkennen ist."

Einige Untersuchungen über Orkane hat auch R. Abercromby angestellt, um die wahre Gestalt der Cyklonen, die Richtung ihres grössten Durchmessers und die genaue Position des Zentrums kennen zu lernen[1]). Es ergab sich, dass das Sturmfeld der Cyklonen beinahe immer ein Oval war, dessen grösster Durchmesser zwar oft mit der Bahn der Cyklone zusammenfiel, aber auch in vielen Fällen einen Winkel mit derselben bildete. Das Mittelfeld hatte gewöhnlich die Form der Cyklone, befand sich aber nicht genau in der Mitte derselben, sondern lag nach einer der Seiten des Ovals hin. Auch war die Lage desselben nicht konstant, sondern veränderte sich während des Fortschreitens der Cyklone.

Übereinstimmend mit Knipping, Doberck, Wilson und Viñez ergaben seine Untersuchungen, dass die Einbiegung des Windes nach dem Zentrum hin an der vorderen Seite der Cyklonen nur gering, an der hinteren Seite derselben jedoch beträchtlich war, und in manchen Fällen der Wind fast direkt nach dem Zentrum hin wehte.

Nach seinen Untersuchungen über die Orkane des südlichen Indischen Ozeans tritt der SE-Passat in der Nähe einer Cyklone mit grösserer Stärke auf, ist von Regenböen begleitet, und mit der Annäherung an die Cyklone fällt das Barometer stetig. Dieser intensivere Passat an der Südseite einer Cyklone ist nicht als zu derselben gehörig zu betrachten, geht aber allmählich in dieselbe über. Es ist daher sehr schwer, bei zunehmendem SE-Sturm darüber schlüssig zu werden, wie man zu manövrieren hat, um das Hineingeraten in eine Cyklone zu vermeiden, und diese Schwierigkeit und Unsicherheit wird noch dadurch vermehrt, dass der grösste Durchmesser dieser Cyklonen gewöhnlich in der Richtung E—W liegt, und es sich nicht im voraus ermitteln lässt, auf welcher Seite des Durchmessers das Zentrum liegt.

[1]) Ann. d. Hydrographie 1889. Heft 5. p. 218.

Des weiteren hat Abercromby Untersuchungen über die Bahnen der Cyklonen angestellt und gefunden, dass dieselben oft sehr unregelmässige Kurven sind und zuweilen eine kleine Schleife beschreiben.

Wie aus der Bewölkung und der Richtung, aus welcher die Wolken ziehen, auf das Herannahen eines Orkans und die ungefähre Lage seines Zentrums geschlossen werden kann, darüber bemerkt Abercromby folgendes:

Die Richtung, in welcher die Wolken ziehen, ist nahezu um 8 Strich verschieden von der Richtung, in welcher das Zentrum vom Beobachter aus liegt, während der Unterschied zwischen der Richtung des Oberflächenwindes und der vom Zentrum gewöhnlich grösser ist. Da sich jedoch die Richtung des Wolkenzuges mit der Höhe der Wolken ändert, ist die Kenntnis dieser Thatsache von geringem praktischen Nutzen.

Zieht man die in vertikaler Richtung stattfindende Aufeinanderfolge der Luftströmungen des südlichen Indischen Ozeans in Betracht, so ergiebt sich, dass das Zentrum der Cyklone nördlich vom Beobachter passiert, wenn die Wolken über dem SE-Passat mehr von E kommen als der Oberflächenwind, und südlich von demselben, wenn sie aus südlicherer Richtung als der Oberflächenwind kommen.

Sobald sich der Himmel mit oberen Wolken bezieht, kann man die ungefähre Richtung, in welcher das Zentrum der Cyklone liegt, daran erkennen, dass in dieser Richtung der Cirrus-Schleier am dichtesten ist. Später erscheint die charakteristische Wolkenbank, und die grösste und schwerste Masse dieser Bank befindet sich in der Richtung, in welcher das Zentrum ist.

Zur Form der Cyklonen hat auch E. Knipping einige Untersuchungen angestellt [1]). Bekanntlich ist die vorherrschende Gestalt derselben, d. h. selbstverständlich der Isobaren, diejenige eines Ovals oder einer Ellipse, deren kleine Axe durchschnittlich 0.5 bis 0.6 von der grossen Axe beträgt. Man kann die Frage aufwerfen, ob nicht auch Cyklonen auftreten, welche völlig kreisrunde Isobaren zeigen. Nach den Beobachtungen in Japan ist Knipping geneigt, diese Frage zu bejahen, wie besonders die Tokio-Wetterkarten vom 12. August 1884, 21. August 1886 und 19. August 1889 zeigen:

„In einer Breite von 31° bis 32°“, sagt er, „kommen also im August Taifune oder Cyklonen vor, welche so regelmässig sind, dass sich die Abweichungen der Isobaren von konzentrischen Kreisen auf einem Gebiete von 300 Seemeilen Durchmesser durch ganz scharfe Beobachtungen kaum nachweisen lassen. Für alle praktischen Zwecke sind dies die kreisförmigen, konzentrischen

[1]) Ann. d. Hydrographie 1890. **18.** p. 103.

Isobaren der ersten Clykonenforscher. Bedingungen sind offene See und geringe Geschwindigkeit."

„Man könnte, fährt Knipping fort, „sich darüber wundern, dass bei Japan eine so regelmässige Form vorkommt, wie sie alle bisherigen synoptischen Beobachtungen, soviel mir bekannt, vermissen lassen. Eine befriedigende Erklärung scheint mir indessen nicht schwer zu sein.

Die Cyklonen beschreiben im allgemeinen Parabeln und weisen die geringste Geschwindigkeit in dem Scheitel derselben auf. Wenn nun geringe Geschwindigkeit eine Bedingung der regelmässigen Form ist, so sind Beobachtungen im Scheitel besser als in irgend einem anderen Teile der Bahn geeignet, die äusserste Grenze der Regelmässigkeit nachzuweisen. Da aber die Breite der Scheitelzone wenige Breitengrade nicht übersteigt, und die ganze Zone im Laufe einer Cyklonensaison zwischen 20° und 33° Breite hin und her pendelt[1]), so wird dadurch allein schon die Zahl der verwertbaren Beobachtungen ausserordentlich vermindert.

Von dem Reste dürften die Schiffsbeobachtungen, so wichtig und wertvoll sie auch sind, kaum jemals die nötige Schärfe besitzen, um innerhalb eines immerhin kleinen Cyklongebietes so genaue Isobaren zu liefern, wie die Tafel; dazu fehlen meist, selbst gute und zahlreiche Barometerbeobachtungen vorausgesetzt, genügend genaue Orts- und Zeitbestimmungen.

Wenn eine Zeit lang Cyklonenwetter geherrscht hat, ist der Schiffsort immer unsicher.

Dann werden die meteorologischen Zeitangaben nicht nach dem Chronometer, sondern der Deckuhr gemacht, welche gewöhnlich einmal, höchstens zweimal am Tage gestellt wird. Mit unsicheren Zeiten muss man also ebenfalls rechnen, besonders auf Ost- und Westkursen.

Vereint mit einem starken stündlichen Barometerfall oder steilen Gradienten genügen diese Fehlerquellen, um obige Behauptung zu rechtfertigen.

Eine Bestätigung dieser Ansicht liegt ferner in den inneren Widersprüchen, welche bei jeder mit den Beobachtungen vieler Schiffe unternommenen Cyklonenuntersuchung zu Tage treten. Man findet z. B., dass an derselben Stelle gleichzeitig ganz verschiedene Winde wehen, das Zentrum an zwei Orten zugleich sein sollte und dergleichen Unmöglichkeiten mehr.

Bei den kontinentalen Beobachtungen stossen wir auf eine andere Schwierigkeit. Es wurde gezeigt, wie schnell ein regelmässiger Cyklon über Land entartet. Das ist in Japan die Regel bei allen Augustcyklonen, wahrscheinlich die Regel bei allen Cyklonen.

Wenn also in vorwiegend kontinentalen Beobachtungsnetzen nicht die regelmässigste Form beobachtet wurde, so ist das ebenfalls erklärlich.

Dadurch wird die Zahl der günstig gelegenen Stationsnetze wieder beträchtlich verringert, und es bleiben nur übrig: Insulare Stationsnetze innerhalb zweier schmalen Erdzonen, welche in niederen Breiten der letzteren während zweier Monate, in höheren während eines Monates im Jahre unter besonders günstigen Bedingungen Gelegenheit haben, kreisförmige konzentrische Isobaren nachzuweisen.

Die mangelnde Schärfe und ungenügende Zahl der Schiffsbeobachtungen, die schnelle Entartung regelmässiger Wirbel über Land und endlich das räumliche Beschränktsein kreisförmiger Cyklonen auf zwei schmale, wandernde Zonen erklären zur Genüge, warum wir bisher keine sichere

---

[1]) Vgl. Anm. 3 und „Pilot Chart of the North Atlantic Ozean", September 1889. Hydrographic Office, Washington D. C. Die Scheitelzonen liegen nach letzterer Quelle für die westindischen Cyklonen wie folgt: Juni und Oktober 20° bis 23° N. Br., Juli und September 27° bis 29° N. Br, August 30° bis 33° N. Br.

Kenntnis derselben hatten. Dass sie überhaupt vorkommen, beweisen die japanischen Beobachtungen, dass sie viel häufiger vorkommen, als sie sich nachweisen lassen, ist unter den geschilderten, den Nachweis ausserordentlich erschwerenden Umständen mehr als wahrscheinlich."

Über Staubstürme in Süd-Mesopotamien berichtete B. Moritz[1]). Diese Stürme sind durch ihr zahlreiches und heftiges Auftreten übel berüchtigt. „Die grossen Ruinenfelder sind mit einer Schicht feinen Staubes bedeckt, der das durch den hohen Hitzegrad der Temperatur erzeugte Verwitterungsprodukt der alten zerfallenen Ziegelmauern darstellt. Leichte Windstösse genügen, um diesen Staub in dichten Wolken emporzuheben. Steigert sich der Wind, oder hält er längere Zeit an, so entstehen Staubwehen, bei denen die Luft derartig mit feinem Staub angefüllt ist, dass selbst die grössten Gegenstände wie Hügel auf eine Entfernung von kaum 200 *m* vollständig verschwinden, und zeitweise die Sonne unsichtbar bleibt. Diese Staubstürme sind es wohl hauptsächlich, die das Aussehen des Landes verändern, die Gestalt der Hügel einem beständigen Wechsel unterwerfen, indem sie auf der einen Seite Staub- und Sandmassen wegreissen und auf der anderen meterdick wieder ansetzen oder damit die Betten der alten Kanäle ausfüllen. So z. B. ist der Schatt en Nil, der eine bedeutende Breite und Tiefe gehabt haben muss, da er eine der grössten Städte des Landes Jahrtausende hindurch mit Wasser versorgen konnte, und der von dem ersten Besucher in den 50er Jahren noch hatte vollständig aufgenommen werden können, inzwischen derart verschüttet worden, dass auch nicht mehr die geringste Spur von ihm zu erkennen war. Bisweilen schichten die Stürme den Staub auch mitten in der Ebene zu langen Dünen auf, deren Gestaltung der von Schneewehen gleicht. Bei dem Ruinenhügel von Umm il 'agârib erheben sich lange parallele Reihen solcher Staubdünen, von etwa 5 *m* Höhe und einer Gesamtbreite von einer Viertelstunde, die sich von SW nach NO durch zum Teil noch jetzt bebautes Land hinziehen. Die umwohnenden Araber behaupten, dass diese Dünen erst seit wenigen Jahren entstanden seien, und besorgten bei dem beständigen Fortschreiten derselben die Verschüttung ihrer Felder, eine Befürchtung, die durchaus begründet war, denn der Staub erschien in beständiger, sichtbarer Bewegung. Nach der Ansicht der Eingeborenen, welche die Herkunft dieser Staubmassen sich nicht erklären können, soll es in der Wüste „Sandquellen" ('ojûn erraml) geben, aus denen der Staub wie Wasser aus der Erde steige. Bei der grossen Ruinenstadt Warka zeigte man mir eine solche Sandquelle, es war eine kleine einsame Düne von wenigen Metern Durchmesser. Kurze heftige Windstösse, die sie trafen, liessen den feinen Staub in rauchwolkenähnlichen

[1]) Verhandl. d. Ges f Erdkunde in Berlin 1888. p. 188.

Massen aus ihr emporquellen, eine Erscheinung, die einem Araber jene eigentümliche Anschauung nahe legen kann."

Der Kreislauf der atmosphärischen Luft zwischen hohen und niederen Breiten ist auch von M. Möller dargestellt worden[1]). Im allgemeinen entspricht die Darstellung derselben der von Ferrel, indem ausgeführt wird, dass die rasch ostwärts rotierenden oberen Luftmassen zwischen 30° Breite und den Polen herabsinken und sich mit der rückströmenden unteren Luft vermischen, wobei auf der nördlichen Hemisphäre lebhafter NW entsteht Dieser Schlussfolgerung stehen freilich die vorwiegenden SW-Winde der höheren Breiten unserer Hemisphäre entgegen. Die Vorstellung, dass die äquatoriale Calmenzone durch das Aufeinandertreffen der entgegengesetzt wehenden Passate beider Hemisphären entstehe, hält Möller für nicht hinlänglich begründet.

Über atmosphärische Bewegungen hat H. v. Helmholtz in den letzten Jahren mehrere wichtige Mitteilungen veröffentlicht[2]). In der ersten entwickelt er mathematisch den Einfluss der Reibung auf die grossen Zirkulationen im Luftmeere und zeigt, wie ausserordentlich unbedeutend die Wirkungen der Reibung an der Erdoberfläche, die im Verlaufe eines Jahres zu stande kommen können, für die höheren Luftschichten sein würden, und dass die Vernichtung lebendiger Kraft durch Reibung hauptsächlich nur an der Bodenfläche und an den bei Wirbelbewegungen vorkommenden Trennungsflächen stattfinden könne. Ferner zeigt er, dass es nicht zulässig ist, die Annahme zu machen, dass die am Äquator aufgestiegene Luft auch nur 20° weiter nordwärts ungehemmt wieder den Erdboden berühre, weil sonst eine Geschwindigkeit des Windes resultieren müsste, die weit über alle beobachteten hinausgeht. Ferner weist v. Helmholtz nach, dass im Luftmeere regelmässig Zustände eintreten müssen, wo Schichten von verschiedener Dichtigkeit unmittelbar aneinander grenzend übereinander liegen. „Sobald nun eine leichtere Flüssigkeit über einer schwereren liegt mit scharf gezogener Grenze, so sind offenbar an dieser Grenze die Bedingungen für das Entstehen und die unregelmässige Fortpflanzung von Wogen gegeben, wie wir sie an der Wasserfläche kennen. Dieser gewöhnlich beobachtete Fall der Wellen an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft ist nur dadurch von den zwischen verschiedenen Luftschichten möglichen Wellensystemen unterschieden, dass dort die Differenz der spezifischen Gewichte der beiden Flüssigkeiten viel grösser ist, als hier." „Es schien mir", fährt v. Helmholtz in seiner zweiten Abhandlung fort, „von Interesse, zu untersuchen, welche andere Unterschiede im Verhalten der Luftwellen und

---

[1]) Archiv der Deutsch. Seewarte **10.** Nr. 3.

[2]) Sitzungsber. d. Preuss. Akad. 1888. Mai 31. Ibid. 1889. **38.**

Wasserwellen daraus folgen. Dass dergleichen Wellensysteme an den Grenzflächen verschieden schwerer Luftschichten ausserordentlich häufig vorkommen, scheint mir nicht zweifelhaft, wenn sie uns auch in den meisten Fällen unsichtbar bleiben. Wir sehen sie offenbar nur dann, wenn die untere Schicht so weit mit Wasserdampf gesättigt ist, dass die Wellenberge, in denen der Druck geringer ist, Nebel zu bilden anfangen. Dann erscheinen streifige parallele Wolkenzüge in sehr verschiedener Breite, sich zuweilen über breite Himmelsflächen in regelmässiger Wiederholung erstreckend. Indessen scheint es mir nicht zweifelhaft, dass das, was wir so unter besonderen Bedingungen, die mehr den Charakter von Ausnahmefällen haben, wahrnehmen, in zahllosen anderen Fällen vorhanden ist, ohne dass wir es sehen. Die von mir angestellten Rechnungen zeigen ferner, dass bei den beobachteten Windstärken sich im Luftkreise nicht nur kleine Wellen, sondern auch solche von mehreren Kilometern Wellenlänge ausbilden können, die, wenn sie in der Höhe von einem oder einigen Kilometern über dem Erdboden hinziehen, die unteren Luftschichten stark in Bewegung setzen und sogenanntes böiges Wetter hervorbringen müssen. Das Eigentümliche desselben sehe ich darin, dass Windstösse, oft von Regen begleitet, nach ziemlich gleichen Zwischenzeiten und in ziemlich gleichem Verlauf mehrmal des Tages an demselben Orte wiederkehren. Ich glaube annehmen zu dürfen, dass diese Wellenbildungen in der Atmosphäre die häufigste Veranlassung zur Vermischung der atmosphärischen Schichten, und unter geeigneten Umständen, wenn die aufsteigenden Massen Nebel bilden, zu Störungen eines nahezu labil gewordenen Gleichgewichtes abgeben. Unter solchen Bedingungen, wo wir Wasserwellen branden und Schaumköpfe bilden sehen, werden zwischen den Luftschichten sich ausgiebige Mischungen herstellen müssen. Ich habe im Anfange meines früheren Aufsatzes auseinandergesetzt, wie ungenügend die bekannten Intensitäten der inneren Reibung und Wärmeleitung der Gase sind, um die Ausgleichung der Bewegungen und Temperaturen in der Atmosphäre zu erklären. Wenn nun die mechanische Wärmetheorie uns gelehrt hat, die Reibung in den Gasen als die Vermischung verschieden bewegter Schichten, die Wärmeleitung als die Vermischung verschieden temperierter Schichten, aufzufassen: so ist verständlich, dass eine ausgiebigere Vermischung der Schichten in der Atmosphäre die Wirkungen der Reibung und Wärmeleitung in erhöhtem Masse hervorbringen muss, aber allerdings nicht in ruhigem, gleichmässigem Fortgange, sondern ruckweise springend, wie es eben der besondere Charakter der meteorologischen Prozesse ist.“ v. Helmholtz hat es deshalb für wichtig erachtet, die Theorie der Wellen an der gemeinsamen Grenzfläche zweier Flüssigkeiten mathematisch zu bearbeiten. Da das Problem überaus verwickelt und schwierig ist, so beschränkt

er seine Untersuchungen zunächst auf den einfachsten Fall, nämlich die Bewegung geradliniger Wellenzüge, welche an den ebenen Grenzflächen unendlich ausgedehnter Schichten zweier verschieden dichter Flüssigkeiten, die verschiedene strömende Bewegung haben, sich in unveränderter Form und mit konstanter Geschwindigkeit fortpflanzen. Er nennt Wogen dieser Art stationäre Wellen. Was die nähere Begrenzung des Gebietes angeht, in welchem wir die Bedingungen für die Entstehung von Luftwogen zu suchen haben, so zeigt v. Helmholtz, dass der Ort der Wogenbildung zwischen den Luftschichten namentlich in den tieferen Teilen der Atmosphäre zu suchen sein wird, während in den höheren ein überwiegend kontinuierlicher Übergang der verschiedenen Werte der Rotation und Temperatur zu erwarten ist. „Die Grenzflächen verschiedener Luftschichten, auf denen die Wellen verlaufen, werden ein Ufer am Erdboden haben, und die Schichten dort seicht auslaufen. Die Erfahrung lehrt ebenso wie die Theorie, dass Wasserwellen, die gegen ein seichtes Ufer anlaufen, dort branden, und selbst Wellen, die ursprünglich dem Ufer parallel fortliefen, pflanzen sich in seichtem Wasser langsamer fort. Anfangs geradlinige Wellen also, die dem Ufer parallel fortlaufen, werden infolge der Verzögerung daselbst sich krümmen müssen, wobei sie die Konvexität ihres Bogens dem Ufer zuwenden; infolgedessen laufen sie auf dieses zu und zerschellen.“ Verfasser zeigt, in welchen Verhältnissen die Bewegungen und Formen der Wasserwellen geändert werden müssen, um auf die Luft übertragen zu werden. „Ganz streng sind diese Verhältnisse von den Wasserwellen, die am Ufer zerschellen, allerdings auf die Luft nicht zu übertragen, auch giebt selbst die bisherige einfachere Theorie, die den Einfluss der Luft vernachlässigt, darüber keinen vollständigen Aufschluss. Aber die Bedingungen entfernen sich doch nicht erheblich von denen, wo wir strenge Übertragungen machen können, und ich glaube deshalb, nicht zweifeln zu dürfen, dass Luftwellen, die in dem idealen, rings um die Axe symmetrischen Luftkreise zunächst nur in west-östlicher Richtung laufen könnten, einmal erregt, sich nahe der Erdoberfläche umwenden und in nord-westlicher Richtung (auf der nördlichen Halbkugel) gegen diese anlaufend zerschellen müssen.“ Ein anderer Prozess, der das Branden der Wellen auf der Höhe ihrer Berge bewirken kann, ist die allmähliche Steigerung des Windes. Das bestätigt auch die Analyse des Verfassers: „sie zeigt, dass Wellen von gegebener Wellenlänge nur bei beschränkter Windstärke bestehen können. Es wird Steigerung des Geschwindigkeitsunterschiedes in der Atmosphäre oft genug vorkommen können, aber es lassen sich noch nicht allgemein wirkende Bedingungen für einen solchen Vorgang angeben.“ v. Helmholtz erwähnt noch einen Punkt, der Bedenken gegen seine Deutung erregen könnte. Hochaufgetriebene Wasserwellen haben

immer schmalere, stärker gekrümmte Wellenberge und breitere, flacher gekrümmte Thäler. Die Analyse ergiebt dasselbe unabhängig von der Art der Medien. Luftwellen, wenn sie uns als Wolkenstreifen sichtbar werden, haben dagegen rundere Köpfe. Dabei müssen wir aber bedenken, dass nach den zuerst von Reye aufgestellten Sätzen Luft, die Nebel gebildet hat, leichter wird, als sie vorher war. Was wir als Nebel erscheinen sehen, drängt also nach oben und schwellt die Wellenberge mehr, als es in durchsichtiger Luft der Fall zu sein braucht. Indem v. Helmholtz solche geradlinige Wellen aufsucht, welche ohne Änderung ihrer Form sich mit konstanter Geschwindigkeit fortpflanzen, folgert er aus dem Prinzip der mechanischen Ähnlichkeit, dass. wenn man für diese Form der Luftwellen dieselbe Windgeschwindigkeit erhalten will, wie für geometrisch ähnliche Wasserwellen, man die Wellenlänge der Luftwellen im Verhältnis von 1 : 2630.3 steigern muss. Das Verhältnis wird etwas kleiner, wenn man die Rechnung für die niedrigsten Wellen ausführt, nämlich 1 : 2039.6, was für 10 *m* Wind über 900 *m* Wellenlänge giebt. „Da wir", sagt er, „bei den am Erdboden vorkommenden mässigen Windstärken oft genug Wellen von einem Meter Länge haben, so würden dieselben Winde in die Luftschichten von 10° Temperaturdifferenz übersetzt, also 2 bis 5 *km* Länge erhalten. Grösseren Meereswellen von 5 bis 10 *m* würden Luftwellen von 15 bis 30 *km* entsprechen können, die schon das ganze Firmament des Beschauers bedecken, und den Erdboden nur noch in einer Tiefe, die kleiner als die Wellenlänge ist, unter sich haben würden, also den Wellen in seichtem Wasser zu vergleichen wären, die das Wasser am Grunde schon erheblich in Bewegung setzen." Der Wind unter den Wellenthälern ist bei unterer Windstille der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entgegen, unter den Wellenbergen aber gleich gerichtet. Änderungen des Barometerstandes sind nur zu erwarten, wenn beim Vorübergang der Wellen starker Windwechsel merklich wird.

18. Elektrische Erscheinungen in der Erdatmosphäre.

Mit Untersuchungen über die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge beschäftigen sich seit längerer Zeit J. Elster und H. Geitel. In einer neueren Abhandlung haben sie diejenigen Resultate ihrer Studien zusammengestellt, welche ihnen am zuverlässigsten erscheinen[1]). Hiernach hat die Elektrizität der Niederschläge kein konstantes Vorzeichen. Positive Ladungen treten in Zahl und Intensität bei Regenfällen zurück, während sie bei starken Schneefällen sich mehr geltend machen.

---

[1]) Sitzungsber. d. k. k. Akad. in Wien. Mathem. naturw. Kl. 88. Abteil. IIa. Mai 1890.

Im allgemeinen ist die Elektrizität der Niederschläge in bezug auf Zeichenwechsel von grösserer Trägheit, als das atmosphärische Potentialgefälle; Zeichenwechsel des letzteren gehen oft spurlos an der ersteren vorüber. Bei dichten Schneefällen macht die Niederschlagselektrizität die Wechsel der atmosphärischen Elektrizität meist in gleichem Sinne mit, bei Regenfällen ist Vorzeichenwechsel im entgegengesetzten Sinne die häufigere Ercheinung Überhaupt tritt bei Regenfällen die Neigung der Niederschlagselektrizität hervor, im Zeichen dem der atmosphärischen Elektrizität entgegengesetzt zu sein, doch kommen auch längere Reihen von Übereinstimmung vor. Wenngleich meist bei Platzregen starke Elektrisierungen notiert wurden, so können doch auch spärliche Regenfälle, wie die Sprühregen aus dem Rande eines Gewitters, sehr hohe Spannungen zeigen.

In ausgedehnten Schnee- und Regenfällen scheint die elektrische Thätigkeit sehr schwach zu sein.

Der im ganzen negative Charakter der Regenfälle stimmt gut mit denjenigen Theorien der atmosphärischen Elektrizität überein, welche, wie die von Exner und Arrhenius, ein Entweichen negativer Elektrizität von der Erdoberfläche in die Atmosphäre annehmen und aus dieser Voraussetzung die Schwankungen des atmosphärischen Potentialgefälles ableiten; Regenfälle müssen negative Elektrizität wieder zur Erde zurückführen.

Das Studium der Luftelektrizität wird von Palmieri auf dem Observatorium des Vesuvs mit besonderer Vorliebe betrieben. Aus seinen Beobachtungen im Vergleich mit denjenigen der 580 *m* tiefer liegenden Universität in Neapel hat sich schon vor längerem ergeben, dass an heiteren Tagen ohne heftige Winde in der Winterhälfte des Jahres die Werte, welche man für die Luftelektrizität auf der Universitäts-Sternwarte findet, grösser sind als die auf dem Vesuv-Observatorium gemessenen (ausgenommen einige Fälle, in denen Nordwinde vorherrschten), nur in der anderen, sommerlichen Jahreshälfte verhält sich die Elektrizität umgekehrt, auf dem hochgelegenen Observatorium werden höhere Werte beobachtet als auf der Universitäts-Sternwarte, und zwar meist in den wärmsten Stunden des Tages; in den Nächten hingegen verhält sich die Luftelektrizität wie im Winter.

Neuere Beobachtungen Palmieri's[1]) betreffen die Luftelektrizität innerhalb der Wolken auf dem Vesuv-Observatorium und bei heiterem, wolkigem oder bedecktem Himmel in Neapel. Während der Winterhälfte des Jahres haben die Beobachtungen regelmässig gezeigt, dass die Elektrizität innerhalb der Wolken auf dem Observatorium geringer gewesen, als die in Neapel bei heiterem, bedecktem oder wolkigem Himmel gleichzeitig beobachtete,

[1]) Rendiconti del'Accademia delle Scienze di Napoli [2.] **3.** p. 167. 1889.

abgesehen von einigen seltenen Ausnahmen. Ferner ist bemerkenswert, dass man, wenn die Wolken auf dem Observatorium sich in Regen auflösten, bald darauf sehr starke positive, und in der Universität gleichfalls starke, aber negative Elektrizität beobachtete, in Übereinstimmung mit einem von Palmieri bereits 1854 aufgestellten Gesetze. Vom Monat Mai bis zur Mitte Oktober hingegen, wo in der Regel auf dem Vesuv-Observatorium die Elektrizität bedeutend stärker ist, als auf der Universitäts-Sternwarte, findet man, wenn das Observatorium in Wolken gehüllt ist, die Elektrizität auf der Universitäts-Sternwarte fast immer stärker als die gleichzeitig auf dem Vesuv beobachtete.

Die allgemein verbreitete und früher auch von Palmieri geteilte Ansicht, dass die Wolken Elektrizitätsleiter sind, welche sich in der Luft entweder positiv oder negativ laden und bei ihrer Begegnung Blitze überspringen lassen, konnte man gleichfalls auf dem Observatorium einer Prüfung unterwerfen, da dieses oft von Wolken erreicht wird, die, vom Meere kommend, bis zu einem tieferen Niveau als das des Observatoriums den Vesuv bedecken, der viele Stunden oder einige Tage innerhalb der Wolken bleibt. Zuweilen sieht man auf dem Meere herumstreichende Wolken, die von einander getrennt nach einander herankommen, für kurze Zeit das Observatorium einhüllen und dann über die Ebenen Campaniens ziehen, um entweder zu verschwinden oder sich auf den Appeninen anzuhäufen. Das Herankommen der Wolken macht sich in der Regel bemerkbar durch eine geringe Abnahme der Elektrizität, welcher beim Abziehen der Wolke eine geringe Zunahme folgt. In allen Jahren konnte Palmieri niemals negative Elektrizität in den Wolken beobachten, wenn nicht Regen in der Entfernung herrschte; stärkere positive Elektrizität als normal fand er nur, wenn die Wolken sich verdichteten, und eine ganz unverhältnismässige Zunahme der Elektrizität wurde allein beobachtet, wenn die Wolken sich entschieden in Regen verwandelten. Daher ist bei wolkigem Himmel die Luftelektrizität geringer als bei heiterem, wenn es weder am Orte der Beobachtung, noch in einem bestimmten Abstande regnet was auch A. Quetelet angegeben hat. Die gleichzeitigen Beobachtungen innerhalb und ausserhalb der Wolken stimmen nun sehr merkwürdig darin überein, die obige irrige Meinung zu bekämpfen. Es könnte auffallen, dass das Erscheinen eines einfachen Nebels am Orte der Beobachtung eine starke Zunahme der Elektrizität veranlasst, die nicht stattfindet in den Wolken, welche ihn bedecken. Aber dies lässt sich nach Palmieri erklären, wenn man bedenkt, dass das plötzliche Erscheinen des Nebels ein Kondensieren von Dampf oder die Entstehung von Dampf bedeutet; eine fertige Wolke hingegen besteht aus Dampf, der sich anderswo kondensiert und seine Elektrizität verloren hat. Wenn nämlich dieselben Nebel, welche bei ihrem Auftreten starke

Elektrizität zeigen, stationär bleiben, hält zwar die relative Feuchtigkeit an, aber die stärkere Elektrizität verschwindet. Die Wolken als solche haben somit kein eigenes Potential, ausser wenn sie sich in Regen, Hagel oder Schnee umwandeln, und somit hat auch die Unterscheidung von positiven und negativen Wolken keinen Sinn. Negative Elektrizität findet man nur bei Regen in der Entfernung oder beim Niederfallen von Sand. Wenn daher bei fallendem Regen der Beobachter sich in der negativen Zone befindet, welche denselben umgeben muss, wird er diese Elektrizität beobachten bei heiterem oder wolkigem Himmel und selbst bei geringem Regen, der in jener Zone stattfinden kann. So entstand nach Palmieri der Glaube an die negative Elektrizität bei heiterm Himmel, an die negativen Wolken und Regen.

Wenn die Wolken als solche kein eigenes Potential besitzen, das verschieden ist von demjenigen des Feldes, in dem sie schweben, so giebt es keine Wolken, welche an sich Gewitter bringend sind, sondern alle können es werden, wenn sie gezwungen werden, sich schnell in Regen oder Hagel umzuwandeln. Jede Wolke, welche sich in Regen auflöst, wird eine reichliche Quelle der Elektrizität, welche ihren Einfluss auf mehr oder weniger grosse Entfernungen bemerkbar macht, je nach der Menge und der Schnelligkeit ihrer Regengüsse, und so entstehen die Zonen, welche Palmieri bereits 1854 aufgefunden. Wenn die Verdichtung eine schnelle ist, werden die Spannungen sehr stark, und wenn diese sich nicht leicht zerstreuen, treten Blitze auf, welche sich auf die Zonen beschränken, in denen der Regen nicht fällt. Aus diesem Grunde kann man immer, wenn man den Donner hört oder einfach den Blitz im Dunkel der Nacht sieht, sicher sein, dass in gewisser Entfernung reichlicher Regen, oft mit Hagel, fällt, und dass dort das Zentrum des Gewitters ist".

Palmieri hatte oft Gelegenheit, viele Stunden lang das Vorüberziehen der Wolken zu beobachten, welche vom Meere kommend das Observatorium erreichten, und nachdem sie Campanien durchzogen hatten, sich an der Appeninenkette ansammelten im Norden des Observatoriums, wo die höheren Gipfel la Majella auf dem Matese und weiter hin il Gran Sasso liegen, und auf diesen Gipfeln sah man bei der Abenddämmerung häufig einen heftigen Gewitterregen. Wie konnten die Wolken, welche harmlos am Observatorium vorüberzogen, auf dem Matese zu Gewitterwolken werden? Die Antwort ist einfach, sagt Palmieri, „weil sie sich dort in heftige Wasserströme mit oder ohne Hagel verwandelten".

Die Beobachtungen, welche Prof. L. Weber über atmosphärische Elektrizität angestellt hat, führen diese zu Schlüssen, welche denjenigen Palmieri's teilweise völlig entgegengesetzt sind. Weber fand schon früher, dass an heiteren Tagen, die untersten Luftschichten bis zu mehreren hundert Metern Höhe eine negativ elektrische Ladung besitzen. Neuerdings hat er auch

Beobachtungen bei bewölktem Himmel angestellt und über diese und die daraus resultierenden Folgerungen berichtet [1]). Nach seiner Meinung zeigen alle bisherigen Beobachtungen, dass das elektrische Gesamtpotential der Atmosphäre von der Erdoberfläche an bis zu bedeutenden Höhen regelmässig zunimmt.

Prof. Weber geht von der Peltier'schen Auffassung einer negativen Ladung der Erde aus und fand, dass im Mittel zwischen einem 350 *m* über der Erdoberfläche gelegenen Punkte und der Erdoberfläche selbst eine Potentialdifferenz von 96400 Volt besteht. Dies ergiebt pro Meter eine Potentialdifferenz von 275 Volt. Hieraus ergiebt sich ferner für die Dichte der negativen Ladung der Erdoberfläche pro *qcm* der Wert von — 0.00072 absoluten Einheiten. Diese elektrische Dichtigkeit der ebenen Erdoberfläche ist allerdings so gering, dass sie direkt nicht wahrnehmbar ist, weil die Gewichtsverminderung eines mit der glatten Erdoberfläche in Berührung stehenden Körpers infolge dieser schwachen Ladung ganz verschwindend ist. Wesentlich anders gestalten sich aber die Verhältnisse für alle hervorragenden Stellen der Erdoberfläche, also für weit in die Luft ragende Leiter. Eine Metallkugel z. B. von 1 *m* Radius in der Höhe von 350 *m* über der Erdoberfläche befindlich und mit der Erde durch einen dünnen Draht in leitende Verbindung gebracht, wird eine Ladung von 96400 Volt annehmen, woraus für die Dichtigkeit ihrer elektrischen Ladung der Wert von 0.265 Einheiten folgt Nimmt unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen der Radius dieser Kugel ab, so wächst die abstossende Kraft derselben proportional dem reziproken Werte des Quadrats des Radius. Solche Kräfte müssen schon wahrnehmbar sein und z. B. auf der Spitze des Eiffelturmes sich beobachten lassen. Es folgt ferner hieraus, dass alle Staubpartikel, sobald sie in die Nähe von hervorragenden spitzen Gegenständen kommen, sich negativ laden müssen.

Zur Erklärung der Wolken- und Gewitterelektrizität betrachtet Prof Weber den Übergang der Elektrizität von einem Körper auf einen zweiten entfernten Körper als elektrische Strahlung; demnach werde ein isolierter Konduktor, der einer elektrisch geladenen Spitze gegenüber steht, durch Strahlung geladen, wobei es unentschieden bleiben mag, welche Rolle die dazwischen befindliche Luft und Staubpartikel spielen. Die Intensität der Strahlung hängt ab von der Entfernung der beiden Körper, von ihrer Potentialdifferenz, von ihrer geometrischen Gestalt und von der Beschaffenheit des Zwischenkörpers.

Weiterhin hält Weber die Annahme einer elektrischen Ausstrahlung gegen den Weltraum und einer elektrischen Einstrahlung

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1889. Heft 22 und 24. Naturwiss. Wochenschrift 1890. p. 156.

durch die Sonne nicht für bedenklich, ebenso die einer elektrischen Konvektion in der Atmosphäre, d. h. einer Fortführung der Ladung eines Körperchens nach seiner Berührung mit einem anderen nach anderen Stellen.

Messungen der Luftelektrizität im hohen Norden sind an der schwedischen Polarstation auf Spitzbergen angestellt worden [1]). Die Beobachtungen sind überaus wertvoll und bestehen in stündlichen Aufzeichnungen vom November 1882 bis Ende August 1883.

Die Luftelektrizität war zu Kap Thordsen fast ohne Ausnahme positiv. In der täglichen Periode erscheint ein Maximum der Spannung 8^h vormittags schwach und 8^h abends stark ausgeprägt, ein Minimum 4^h früh. Die Luftelektrizität erreicht öfter auf Spitzbergen so hohe Tensionen, dass man starke Funken erhält, wenn man den Kollektor leitend mit der Erde verbindet. „Dass es trotzdem in hohen Breiten so selten zu Gewittererscheinungen kommt, glaubt der Autor dadurch erklären zu können, dass der Wasserdampfgehalt der Luft zu gering ist, um rasche und zugleich intensive Kondensationen öfter möglich zu machen. Am 26. März 3^h morgens erhielt man starke (positive) Funken vom Kollektor bei ganz reinem Himmel, und es war dabei vorher und nachher 15 Stunden hindurch heiter gewesen. Dies widerlegt Palmieri's Ansicht, dass so starke Spannungen nur im Gefolge von nahen oder entfernten Kondensationen des Wasserdampfes auftreten".

„Es wurde auch versucht, etwaige Beziehungen zwischen den gleichzeitigen Variationen der Luftelektrizität und des Erdmagnetismus zu konstatieren. Zu diesem Zwecke wurden einige Reihen von Beobachtungen der Luftelektrizität in Intervallen von je 20 Sekunden gemacht und dieselben mit den gleichzeitigen Variationen der magnetischen Elemente auf graphischem Wege verglichen. Es lässt sich aber keine Beziehung der raschen Änderungen der Luftelektrizität zu den gleichzeitigen Variationen der magnetischen Elemente auffinden.

Die Beziehungen der Luftelektrizität zu den Nordlichtern bestehen in einer sehr merklichen, oft rapiden Verminderung der Luftelektrizität. Damit steht wohl in Zusammenhang, dass dem einzigen Fall einer negativen Luftelektrizität bei heiterem Himmel (am 1. Dezember 1882) im Laufe einiger Minuten ein Nordlicht folgte. Die Verminderung der positiven Elektrizität bei Nordlichtern ist oft so plötzlich und so beträchtlich, dass sie vollkommen vergleichbar wird mit den negativen Störungen während schlechten Wetters und während Niederschlägen. Der Zusammenhang mit den Nordlichtern offenbart sich auch dadurch, dass

---

[1]) Observ. faites au Cap Thordsen. 2. Electr. atmosph. Stockholm 1887. Referat von Hann in der Meteorolog. Zeitschr. 1890. p. 29.

einige Zeit nach dem Fall der Spannung dieselbe wieder im positiven Sinne zunimmt, und sobald das Nordlicht vorüber, die Luftelektrizität wieder hohe positive Spannungen annimmt. Der Umstand der Erscheinung der Nordlichter bei ganz heiterem Himmel und die gleichzeitige Abnahme des positiven Luftpotentials ist gewiss sehr bemerkenswert. Es ist, als ob unsichtbare Kondensationen des Wasserdampfes in sehr grossen Höhen eintreten würden, welche auf das Elektrometer so einwirken, wie die Kondensationen in der gewöhnlichen Wolkenhöhe".

Die Untersuchung der Gewitter in Süddeutschland durch C. Lang [1]) ergiebt mit Sicherheit, dass die Gewitter wenigstens in gewissen Fällen, gemäss dem allgemeinen Windgesetze, um ein Depressionszentrum (Teil-Minimum) kreisen. Ferner ergab sich aus 10-jährigen Zusammenstellungen, dass die Gewitter (ohne Unterscheidung ihrer Richtung) um so rascher ziehen, je beträchtlicher ihre Frontentwickelung ist, ferner, dass die Geschwindigkeit der nächtlichen Gewitter jene der bei Tage ausbrechenden erheblich übersteigt.

Beobachtungen über Gewittererscheinungen in Steiermark, Kärnten und Oberkrain sind seit dem Jahre 1885 durch Karl Prohaska in Graz organisiert worden. Mit regstem Eifer hat derselbe ein grosses Beobachtungsnetz organisiert und eine Menge überaus wichtigen Beobachtungsmaterials zusammengebracht. Die Bemühungen dieses einzigen Mannes sind um so höher anzuschlagen, als derselbe, ohne in der Öffentlichkeit viel Aufhebens von seinem Unternehmen zu machen und seine Person in den Vordergrund zu rücken, ganz allein, ohne irgend welche staatliche Unterstützung und Hülfe zu beanspruchen oder zu erhalten, dieses Gewitterbeobachtungsnetz organisierte, welches bis zu 300 Stationen gezählt hat. In den vier Jahren 1885—88 sind im ganzen 33756 Gewittermeldungen aus diesem Netze in Graz eingelaufen, diskutiert, zu allgemeinen Resultaten verarbeitet und letztere in den Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark veröffentlicht worden. Diese umfangreichen Veröffentlichungen hat Prof. Hann einer eingehenden Analyse unterzogen [2]), aus der folgendes einen das Wesentliche umfassenden Auszug bildet.

Was zunächst die jährliche Periode der Gewitter in den oben bezeichneten Gebieten anbelangt, so ergaben die vierjährigen Ermittelungen, dass die beiden Maxima der Gewitterfrequenz im Frühsommer und Spätsommer, welche auf der Nordseite der Alpen so entschieden auftreten, hier nicht so deutlich ausgeprägt sind: in den Halbmonatsummen erscheint nur ein einziges sehr gut ausgeprägtes Maximum in der zweiten Julihälfte. Nur die Häufig-

---

[1]) Beobacht. der meteorol. Stationen im Königr. Bayern. 9. 1889.
[2]) Zeitschr. für Meteorologie 1889. p. 176 u ff.

keit des Wetterleuchtens zeigt dieselbe Periode, wie wir sie bei den Gewittern Mitteleuropas antreffen. Übrigens ist zu berücksichtigen, dass hier erst vierjährige Resultate vorliegen.

„Indem der Autor die Zahl der Gewitterstunden durch die zugehörige Zahl der Einzelmeldungen dividiert, erhält er die mittlere Dauer eines Gewitters. Dieselbe betrug im Mittel 1885 bis 1887 1.44 Stunden. Allerdings ist dieses Resultat etwas zu gross, da jedes Gewitter zu mindestens einer Stunde Dauer angenommen wurde, doch lässt sich zeigen, dass der daraus entstehende Fehler kaum 0.1 Stunde erreichen dürfte. Nach Jahreszeiten gruppiert, erhält man als mittlere Dauer der Gewitter im Frühlinge 1.2 Stunden, Sommer 1.4, Herbst 1.6 Stunden. Dies entspricht auch sehr gut dem Charakter der Gewitter dieser Jahreszeiten. Da nun die mittlere Geschwindigkeit der Gewitter des Beobachtungsgebietes zu 30 *km* per Stunde gefunden worden ist, so ergiebt sich die Breite der Gewitterwolken zu höchstens 43 *km*; mit Rücksicht aber darauf, dass obige Dauer die mittlere Zeit zwischen dem ersten und letzten Donner darstellt, darf man annehmen, dass die mittlere Breite der gewöhnlich bandförmigen Gewitterwolken ca. 37 *km* nicht überschreitet.

Die tägliche Periode kommt so regelmässig in den einzelnen Jahren sowie in den einzelnen Jahreszeiten in übereinstimmender Weise zum Ausdrucke, dass sie als sicher konstatiert zu betrachten ist. Das Hauptmaximum fällt auf 3—5^h nachmittags, das kleine sekundäre Maximum in der Nacht ist desgleichen sichergestellt. Wie K. Prohaska mit Recht bemerkt, würde es jedenfalls noch stärker hervortreten, wenn die Beobachtungen für die Nachtzeit ebenso vollständig wären wie für die Tageszeit; in der That werden aber bei Nacht (namentlich in Bezug auf die Stunde) nur jene Gewitter notiert, die nahe und stark genug waren, den Beobachter aus dem Schlafe zu wecken“.

„Was die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter anbelangt, so tritt deren geringerer Wert in den Nachmittagsstunden auf der Südseite der Ostalpen noch deutlicher ausgesprochen hervor, wie in Süddeutschland, desgleichen auch die nächtlichen und die Morgenmaxima derselben. Dass an der geringeren Geschwindigkeit der Gewitter in den Nachmittagsstunden und auf der Südseite der Ostalpen überhaupt die gerade um diese Zeit und in dieser Gegend am zahlreichsten auftretenden lokalen „Wärmegewitter“ mit ihrer langsamen Ausbreitung die Schuld tragen, liegt sehr nahe. Interessant ist aber daneben die Wahrnehmung, dass die tägliche Periode der Geschwindigkeit der Gewitter mit der täglichen Periode der Windstärke auf dem Obir und Säntis eine auffallende Übereinstimmung zeigt, besonders da ein kausaler Zusammenhang beider Erscheinungen nicht leicht abzuweisen ist.

„Die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit wurde im Jahre

1886 zu 30.7 *km* gefunden, im Jahre 1887 nur zu 28.8 *km*, das Mittel 29.7 *km* pro Stunde ist erheblich kleiner als jenes für Süddeutschland 41.1, Frankreich 41.3, Italien 35.7 und Norwegen mit 38 *km*. Die Geschwindigkeit der Gewitter ist also auf der Südseite der Ostalpen eine auffallend geringe. Auch hierbei spielen die mehr lokalen Gebirgsgewitter eine Rolle.

Die jährliche Periode der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ergiebt sich aus folgenden Zahlen (Mittel 1886 und 1887). Wir fügen die entsprechenden Zahlen für Süddeutschland (Mittel 1882/86) nach Dr. Lang hinzu.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Ost-Alpen .	—	—	29	33	29	29	26	33	28	43	**48**	40
S.-Deutschl. .	63	—	47	38	37*	40	41	44	42	45	**64**	69

In der kälteren Jahreshälfte ist die Geschwindigkeit eine grössere als in der wärmeren in Analogie mit dem täglichen Gange.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter ist bei höherem Barometerstand kleiner als bei tieferem.

Abweichung des Luftdruckes vom Mittel	über +3	+3 bis 0	0 bis −3	unter −3 *mm*
1886	24	32	31	39 *km* pro Stunde
1887	25	28	34	36 „ „ „

An heissen Sommertagen lassen sich in den Alpen trotz hohen Barometerstandes häufig lokale Gewitter beobachten, die dann gewöhnlich nur sehr träge sich weiter bewegen oder fast stille zu stehen scheinen. In der That hatten in den Jahren 1885/87 55 % aller Gewittertage eine positive Luftdruckabweichung und nur 45 % eine negative. Das Ergebnis einer spezielleren bezüglichen Untersuchung wird später noch mitgeteilt.

Der Autor untersucht ferner auch die Beziehung zwischen Zugrichtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Hier folgen die hauptsächlichsten Resultate (1886/87).

Zugrichtung:	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Geschwindigkeit	24.6	24.6	22.9*	23.6	28.3	**34.9**	32.7	27.7
Süddeutschland nach Dr. Lang (1882/86)								
Geschwindigkeit	27.5*	31.4	36.4	30.8	36.8	42 1	**42.7**	37.7

Die Ostgewitter ziehen am langsamsten, die Westgewitter am raschesten. In Süddeutschland fällt das Minimum auf die Nordgewitter (nach Quadranten von N über E gezählt, giebt Lang: I. Quadrant 33.0, II. 34.2, III. 42.5, IV. 37.9.)

Zugrichtung. Das Hauptergebnis der darauf bezüglichen Zusammenstellung ist in folgenden aus den Jahren 1885/87 abgeleiteten Summen enthalten.

	Häufigkeit der Zugrichtungen der Gewitter aus:							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Zahl der Tage . .	25	23*	26	25	32	101	84	**120**
Zahl der Meldungen	849*	1613	**1859**	1384	918*	5149	**6534**	5995

In der letzten Zahlenreihe kommt auch die Ausdehnung der Gewitter zum Ausdruck, daher die Nichtübereinstimmung. Die Gewitter aus N und S haben die geringste Ausdehnung, jene aus W die grösste, sie werden von den zahlreichsten Stationen zugleich gemeldet. Die Ostgewitter sind auf der Südseite der Ostalpen relativ sehr häufig, das Verhältnis von W : E ist hier nur 3.6.

Verhältnis der Häufigkeit der lokalen Gewitter zu den Wirbelgewittern in den verschiedenen Monaten. Als Index dieses Verhältnisses hat Prohaska in ganz zweckmässiger Weise den Quotienten der Häufigkeit (S_2) der Gewitter während der 18 Stunden von 5^h abends bis 11^h vormittags zu jenen während der übrigen 6 Stunden 11^h a. — 5^h p. (S_1) angenommen. Im grossen Durchschnitt ist der mittlere Wert dieses Quotienten nahe gleich Eins, je mehr er diesen Wert überschreitet, desto häufiger sind die Wirbelgewitter gegenüber den Wärmegewittern. Als Resultat der vier Jahre 1885—88 ergiebt sich (S_1 = Summe des wärmsten Tagesviertels, S_2 Summe der übrigen drei Viertel).

	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Jahr
S_2	99	12	5	134	324	1615	5417	5502	7724	2834	589	252	24507
S_1	46	6	0	109	665	2938	6544	7159	4122	1317	166	49	23121
Quot.	2.15	2.00	—	1.23	0.49*	0.55	0.83	0.77	1.87	2.15	3.55	**5.14**	1.06

Im April und Mai treten die Wirbelgewitter am meisten zurück gegen die Wärmegewitter, ihre grösste relative Häufigkeit erlangen die Wirbelgewitter im Spätherbst. Das Übergewicht der letzteren zu dieser Jahreszeit wird sogar durch die Grösse des Quotienten $S_2 : S_1$ nicht genügend veranschaulicht, da in diesen Monaten auch die Gewitter zwischen 11^h a. m. und 5^h p. m. zumeist nicht mehr den Charakter der lokalen Sommergewitter haben.

Für Wien ist der Quotient $S_2 : S_1 = 0.72$, was sehr gut übereinstimmt mit dem vorwiegenden Charakter der Gewitter in Wien als lokaler Wärmegewitter.

Gewitterhäufigkeit in Beziehung zum mittleren Barometerstand. Zu dieser Untersuchung wurden 24475 Gewittermeldungen der Jahre 1885—87 verwendet und auf die Tagesabweichungen des Luftdruckes zu Klagenfurt bezogen.

Die Gewitter sind sonach im südlichen Ostalpengebiete am häufigsten an solchen Tagen, an welchen das Barometer dem normalen Stande am nächsten ist[1]), aber auch bei höherem Luftdrucke treten die Gewitter immer noch recht häufig auf, erst wenn die Abweichung den Betrag von 5 *mm* überschreitet, beginnt die Gewittertendenz entschieden abzunehmen. Der höchste Barometerstand, bei welchen noch Gewitter zur Beobachtung gekommen sind, entsprach einer Abweichung von 10.5 *mm* vom vieljährigen

[1]) Diesen Satz hat auch schon Dr. Prestel seinerzeit für Norddeutschland gefunden.

Mittel. Dagegen sind Gewitter bei einer Luftdruckabweichung von —5 bis —9 *mm* noch sehr häufig, und sie können auch bei den tiefsten Barometerständen noch zum Ausbruch kommen.

„Allgemeine Resultate. K. Prohaska konnte vielfach die Beobachtung machen, dass eine herannahende Depression zuerst durch die Bewegungsrichtung der untersten Wolken angezeigt wird.

Das Gebiet der österreichischen Südalpen ist verhältnismässig reich an Gewittern, die in der kälteren Jahreshälfte, insbesondere vom Oktober bis inklusive Dezember auftreten. Diese Gewitter werden durch Depressionen herbeigeführt, die sich zuerst in W-, oder SW-Europa zeigen. Taucht eine solche zuerst durch den entsprechenden Zug der Cirren angekündigte tiefere Depression über Westfrankreich auf, so stellt sich in den Ostalpen nach vorhergegangenen S-Winden, die sich jedoch hauptsächlich nur in den nach N öffnenden Querthälern bemerkbar machen, in der Region der Cumuli südwestlicher (SW—NE) Wolkenzug ein, der um so lebhafter ist, je höher gleichzeitig das Barometer über der Balkanhalbinsel steht. Die Regengüsse nehmen am Südabhange der Alpen ihren Anfang und dehnen sich bei Annäherung des Minimums gegen NE aus. Der südwestliche Wolkenzug dauert unverändert fort, wenn das Minimum ostwärts vorrückt und nun über dem Golf von Genua oder über der Poebene liegt. Kommt dann das Minimum über die nördliche Adria zu liegen, so dauert der Wolkenzug aus SW noch immer an, während der Regen noch aus diesen Wolken fällt; tritt nun zunächst E-Wind ein, dann erscheinen in einem tieferen Niveau einzelne zerrissene Wolken, die mit scheinbar grosser Geschwindigkeit ost-westlich (oder von SE nach NW) dahineilen; diese Wolken werden häufiger, verdichten sich und bilden bald eine zusammenhängende Wolkendecke, aus der nun heftige Güsse niedergehen, manchmal auch unter Gewittererscheinungen; die Niederschläge sind nun am Ostrand der Alpen am stärksten.

Zieht sodann das Minimum über Ungarn nach NE ab, so wird dessen geänderte Lage zuerst wieder durch den nach NW oder W umspringenden Unterwind angedeutet, es entwickelt sich dann unter Fortdauer der ostwestlich ziehenden Wolkendecke in tieferen Regionen neues Gewölk, das von NW nach SE zieht und in den Nordalpen die stärksten Niederschläge veranlasst, um bei Abnahme des Gradienten sich allmählich zu verlangsamen und zu zerteilen. Die Änderungen im Wolkenzug vollziehen sich nicht allmählich, sondern ziemlich unvermittelt, betreffen zuerst die untersten Schichten und dringen von da in immer höhere Regionen vor. Zuerst zeigt der geänderte Unterwind die veränderte Wetterlage an. Dann folgen die untersten Wolken, wogegen der früher in der unteren Region herrschende Wolkenzug wahrscheinlich infolge der Tendenz der Erhaltung des Bewegungszustandes in höheren Schichten noch fordauert. Da aber die

untersten Wolken doch nicht unter eine gewisse Höhe herabgehen, so ist es naheliegend, um diese Erscheinung zu erklären, eine allmähliche Hebung der Wolkenschichten anzunehmen. Ziehen die über Westfrankreich auftretenden Depressionen mit ihrem Zentrum in NW an unserem Gebiete vorüber, so entfällt selbstverständlich die östliche Strömung, und es stellt sich in den untersten Wolkenschichten unvermittelt westlicher bis nordwestlicher Wolkenzug ein, während wie früher in der Höhe unter dem Cirrus das Gewölk noch aus SW zieht. Der Unterwind also deutet, vorausgesetzt, dass er nicht lokal beeinflusst ist, wenn wir von der vorangehenden, die Lage der Depression verratenden Cirrenbewegung absehen, die sich vorbereitenden Änderungen der Witterung in der Regel zuerst an; es werden die untersten Luftschichten zuerst von der Wechselwirkung, die zwischen dem barometrischen Maximum und Minimum besteht, ergriffen, und so mag sich vielleicht auch die Thatsache erklären, die während des abnormalen Schneefalles am 28. September 1885 in der Schweiz zu beobachten war, dass nämlich die aus NW hereinbrechende Kälte an den Thalstationen früher als auf dem Säntisgipfel sich geltend machte".

Eine merkwürdige vertikale Bewegung der Luft unterhalb einer Gewitterwolke ist am 25. August 1889 gelegentlich einer Ballonfahrt bei Brüssel beobachtet worden[1]). Während dieser Fahrt kam von Brabant her ein Gewitter herauf, und der Ballon trieb vor demselben. Die Insassen sahen sich zeitweise in einer Art sphärischer Kalotte, Wolken stiegen und sanken rings um sie herum in Wirbelbewegung, und Bänder von Seidenpapier, die ausgeworfen wurden, beschrieben grosse Kreise, deren Mittelpunkt der Ballon war. Herr Godard zog die Klappe, und der Ballon begann, sich zu entleeren, die Hülle faltete sich augenscheinlich zusammen, aber der Ballon sank nicht, sondern stieg, gewissermassen wie angezogen von einer aufsteigenden Trombe. Nach 12 Minuten, in einer Höhe von 1200 *m*, leuchtete plötzlich ein Blitz, auf dem ein heftiger Donnerschlag folgte, und in demselben Augenblicke begann der Ballon zu sinken. Eine ähnliche Beobachtung machte der Führer des Ballons „Esperance", welcher ebenfalls trotz Ballastauswurfes stieg bis zur Höhe der Wolken, in denen er plötzlich zu fallen begann.

Über merkwürdige elektrische Erscheinungen in den Rocky Mountains hat G. H. Boehmer berichtet[2]). Derselbe war 1873 von dem Chef des Wetterbureaus der Vereinigten Staaten von Nordamerika dazu ausersehen, auf dem Gipfel des Pikes Peak in Kolorado eine meteorologische Station einzurichten. Dieser Gipfel ist etwa 14200 Fuss hoch, aber die Arbeiten be-

---

[1]) Ciel et Terre 1889. II. Nr. 13. p. 319.
[2]) Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien 1889.

gannen schon bei 6000 Fuss Höhe; denn es handelte sich zunächst um die Anlegung eines 15 Miles langen Weges, der sich vom Ausgange eines Tobels bei 6000 Fuss Erhebung an senkrechten Abhängen und steilen 1000 Fuss hohen Felswänden entlang in beschwerlichen kurzen Kurven bis zur Baumgrenze bei 11 000 Fuss empor zieht, von wo seine Steigung allmählich bis zu den letzten 2000 Fuss zunimmt, während letztere wiederum das Erklettern mit Umgehung eines alten tiefen Kraters beschwerlich machen. Wir übergehen die Mühseligkeiten, unter denen alles bis auf den Gipfel durch Pferde emporgetragen werden musste, und bemerken nur, dass man gleichzeitig für eine Telegraphenleitung von oben bis nach dem zwei Miles vom Fusse des Berges entlegenen Städtchen Kolorado Springs sorgte; eine Leitung, deren Batterie sich in diesem Orte in entsprechender Kraft und Wirksamkeit befand. Bis zu einer Höhe von etwa 8000 Fuss wurden die elektrischen Signale an beiden Endpunkten klar und deutlich wahrgenommen, obgleich es auffallend war, dass sie sich in der unteren Station weit kräftiger markierten. Das nahm mit der Höhe so zu, dass es trotz sorgfältiger Erdleitung immer schwieriger wurde, telegraphische Mitteilungen zu erhalten. „Bisweilen“, sagt der Verfasser, „konnten wir Kolorado Springs ganz deutlich hören, doch war es eine absolute Unmöglichkeit, den Strom zu unterbrechen. Dann fing nach vergeblichen Versuchen mit einem Male die Linie an zu arbeiten, und das Instrument (ein Klopfapparat) gab eine Anzahl wirr durch einander laufender Zeichen mit solcher Geschwindigkeit, dass selbst das geübteste Ohr nichts verstehen konnte. An der Baumgrenze, in einer Höhe von 11500 Fuss, hörten alle und jede Zeichen im Lager auf, während unsere Botschaften klar und deutlich am unteren Ende der Linie eintrafen.“ Verf. erklärt diese sonderbare Erscheinung folgendermassen: „Die Elektrizität verliess Kolorado Springs vom positiven Pole der Batterie, und so lässt sich annehmen, dass zu solchen Zeiten, zu denen von dort gesandte Zeichen im Lager unverständlich oder gar nicht empfangen wurden, die Atmosphäre stark negativ elektrisch war und den schwächeren voltaischen Strom teilweise oder ganz neutralisierte, während beim Hinuntersenden eine Verbindung der voltaischen und atmospärischen Elektrizität stattfand, die beide negativ waren und so einen starken Strom erzeugten.“ Aber auch die erste Nacht, wo Verfasser als das erste und einzige Wesen auf dem Gipfel des Berges zubrachte, sollte ihm seltsam genug werden, als sich ein ziemlich heftiger Sturm mit leichtem Schneefalle einstellte. Derselbe war nämlich von einem lauten „Knistern und Knattern“ begleitet, und Boehmer empfand diese elektrische Erscheinung, als ob Tausende von Nadeln durch seine Haut drängen; Haar und Bart wurden elektrisch, während ihm selbst „unbeschreiblich seltsam“ zu Mute wurde. Auf allen metallischen Gegenständen zeigten sich violette Funken von $^1/_4$ Zoll Durchmesser und 2 Zoll

Länge; selbige verschwanden aber bei Berührung mit den Fingern, wogegen sie wieder erschienen, sobald die Finger hinweg gezogen waren, um nun sowohl an diesen, als auch an den Metallen, gleich Irrlichtern hin und her tanzend, wieder zu erscheinen. Kochgeschirr, Instrumente, selbst die Knöpfe am Sturmbande der Mütze des Beobachters wurden elektrisch, und das Knistern im Schnee verwandelte sich in ein eigentümlich singendes Geräusch, welches mit dem vermehrten oder verringerten Schneefalle in direkter Beziehung zu stehen schien. Mit dem Aufhören des Schneefalles verschwanden endlich diese Erscheinungen, von denen übrigens keinerlei Wärme ausging. Ein zweites Mal stellten sie sich ein, als einige Touristen den Gipfel des Berges besuchten, während ein Gewitter etwa 3000 Fuss niedriger wütete. Auch dann erschien das singende Geräusch wieder, und alle Personen wurden derart elektrisch, dass bei gegenseitiger Annäherung Funken von bedeutender Länge und gelb-violetter Färbung übersprangen. An den Pferden hoben sich die Schwanzhaare, und Papierschnitzel, welche Boehmer aus einer Entfernung von etwa 12 Fuss gegen sie warf, wurden von ihnen angezogen, um hängen zu bleiben. Nach Entladung des Gewitters hörten die Erscheinungen auf, wiederholten sich aber mit grösserer oder geringerer Intensität mehrfach während der nächsten 10—15 Minuten, solange das Gewitter dauerte. Überhaupt zeigten sie sich während des 14-jährigen Bestehens der Station (bis 1887) fast ohne Ausnahme, doch nur im Sommer, sobald Schnee oder leichter Hagel fiel. Eine der sonderbarsten Erscheinungen blieb die Launenhaftigkeit der telegraphischen Leitung auch nach ihrer Vollendung.

Tage lang war es bisweilen unmöglich, eine Mitteilung zu machen oder zu empfangen, obgleich kein Bruch in der Leitung stattgefunden hatte, und dann fing dieselbe plötzlich von selbst wieder zu arbeiten an. Zu anderer Zeit langten Telegramme an, aber es war unmöglich, den Strom zu unterbrechen, und wiederum konnte man von der Leitung keinerlei Gebrauch machen, „ausser sie wurde in den regulären Schluss Kolorado Springs-Denver einbezogen“. Boehmer hat nun die auf elektrische Erscheinungen bezüglichen Beobachtungen vom Jahre 1873—1887 Jahr für Jahr mitgeteilt; es erhellt daraus nur eine Bestätigung des im Vorstehenden Gegebenen, aber in so verstärktem Grade, dass man es kaum für möglich halten möchte, in einer so elektrischen Atmosphäre Jahre lang zu leben, wie es doch die Bewohner dieser höchsten meteorologischen Station der Erde fertig brachten. Eines aber folgt aus den mitgeteilten Beobachtungen mit zwingender Gewalt: die Ansicht nämlich, dass diejenigen Recht haben, welche die atmosphärische Elektrizität aus der Reibung der Luft mit Schneekristallen herleiten. (?) Denn stets traten die fraglichen Erscheinungen nach Schnee- oder Hagelfalle ein, und es gehörte zu den gewöhnlichen Vorkommnissen auf der Station, dass nach

Schneestürmen die wollenen Unterkleider bei Berührung mit den Fingern Funken gaben. Mitunter steigerten sich diese Entladungen der Luft ausserhalb des Gebäudes zu förmlichen Knalleffekten, indem das unaufhörliche Knistern und Knattern die Luft wie mit Pistolenschüssen erfüllte, auch sonst vielfach scharfe Knalle gehört wurden. Blitzartige Entladungen traten in verschiedenster Art auf. So entlud sich am 7. Dezember 1873 ein Strom der Leitung etwa eine Stunde lang in Zwischenräumen von 2 bis 10 Minuten in 5 bis 6 fortgesetzten bleistift-dicken Strahlen Am 18. Juni 1874 passierten viele Blitze durch die Leitung ins Zimmer, obgleich ausserhalb eine Erdverbindung gemacht und die Leitung ausgeschaltet worden war. Am 24. Mai 1875 trat ein Hagelwetter ein, und alsbald füllten sich die Zimmer mit Elektrizität, deren Menge in direktem Einklange mit vermehrtem oder vermindertem Hagel stand, wobei lebhafte Funken den Blitzableiter übersprangen. Auch Kugelblitze müssen die Beobachter wohl erlebt haben; denn am 16. Juni 1876 sah ein Assistent einen „Feuerball“ mit Hinterlassung eines schwefeligen (? wohl ozonigen) Geruches durch den Speicher fahren. während er selbst einen Schlag empfing, der seine Glieder krampfhaft zusammen zog. Am 29. Juni 1879 passierte ein Strahl das Instrument der Leitung mit einem Lärme gleich dem eines Flintenschusses, Funken durch das ganze Zimmer werfend; ihm folgte momentan ein furchtbarer Donner, welcher den Beobachter so betäubte, dass er erst nach einiger Zeit den Vorgang begreifen konnte. Am 28. August 1879 schlug ein Blitz durch das Instrument mit einem Knalle und warf einen feurigen Ball durch das Zimmer gegen den Ofen. Das sind nur einige der Beobachtungen während der 14 Stationsjahre, aber sie reichen aus, um eine Vorstellung von der Menge der Elektrizität zu geben, welche auf Pikes Peak alljährlich bei Schnee und Hagel entwickelt wird. Das singende Geräusch ist auch von anderen Beobachtern auf Kolorado's Bergen wahrgenommen worden [1]).

Über sehr eigentümliche elektrische Erscheinungen auf dem Sonnblick berichtet Dr. Trabert [2]), der vom 12. Juli bis 8. August 1889 auf dem Gipfel dieses Berges (3097 *m* über dem Meere) sich aufgehalten hat. „Es waren dies“, sagt er, „Gewitter, bei welchen das Beobachtungshaus mitten in den Wolken steckte, und hierdurch gestalteten sich dieselben schon an und für sich zu höchst interessanten Ereignissen.

Der Eindruck, den sonst ein Gewitter in der Ebene macht, fehlt vollständig, man sieht keine dunklen Wolken herannahen. man hört nicht wie sonst schon lange vorher den Donner, man fühlt keine Gewitterschwüle und, wäre man nicht durch das Telephon vorbereitet, so würde man über den ersten intensiven

[1]) Natur 1889, p. 391. [2]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 342.

Blitzschlag höchlichst überrascht sein. Das Telephon giebt aber schon zeitig morgens fast vollkommen verlässliche Anzeichen eines erst nachmittags eintretenden Gewitters. Während sonst vormittags nur ein ganz schwaches Knistern zu hören ist, ist letzteres nun schon um diese Zeit sehr deutlich vernehmbar und steigert sich von Stunde zu Stunde sehr oft zu einem so heftigen Krachen, dass ein Sprechen durch's Telephon zur Unmöglichkeit wird. Das Überspringen von Funken an den Blitzplatten, häufig auch von selbst erfolgendes unregelmässiges Läuten der Glocken giebt das Signal zum Ausschalten des Telephons. Das Haus hüllt sich in Nebel, und das Gewitter bricht los; Graupel- oder Hagelkörner schlagen an die Fenster, und meistens schlägt es in einen der Blitzableiter ein. Der Donner ist dabei, verglichen mit dem in der Ebene, äusserst schwach, dagegen wird nach dem Einschlagen des Blitzes das Haus so heftig geschüttelt, als ob ein Erdbeben stattfände.

Am 14. Juli erfolgte abends eine Entladung vollkommen ohne Donner. Als ich gerade am Fenster stand, ging eine riesige Feuersäule unmittelbar vor demselben nieder, begleitet von einem prasselnden Geräusch, etwa so, als ob etwas vom Dache herabgeschüttet würde.

Nach Aussage des Beobachters Peter Lechner kommt es jedoch auch vor — besonders im Hochsommer —, dass das Einschlagen des Blitzes mit einem sehr heftigen Krachen verbunden ist; es sind dies zweifellos Gewitter, bei denen die Wolken viel höher stehen als der Sonnblick, und der Blitz erst eine grössere Luftschicht zu durchschlagen hat.

Wie schon erwähnt, tritt gewöhnlich in Begleitung des Gewitters, vor, während oder nach demselben Elmsfeuer ein. Am häufigsten geht der Graupelfall allmählich in Schneefall über, und dann kann man fast sicher auf Elmsfeuer rechnen.

Seit durch die Versuche des Herrn A. v. Obermayer (Wiener Sitzungsberichte 1888, Abteilung II. 247) die wesentliche Verschiedenheit bei dem Ausströmen der positiven und der negativen Elektrizität klargelegt worden ist, war es interessant, ob auf Bergen auch negative Elmsfeuer beobachtet würden. Obermayer weist darauf hin (Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 30), dass nach den Schilderungen Peter's das am 17. Juni 1888 stattgefundene Elmsfeuer in solchen negativen Entladungen bestanden habe, und am 24. Juli 1888 haben Elster und Geitel um 3^h nachmittags bei unsichtbarem, aber durch das charakteristische Geräusch deutlich kennbarem Elmsfeuer das Potential der Luft positiv, also die ausströmende Elektrizität negativ gefunden. Ich hatte während meines Aufenthaltes nicht nur Gelegenheit, mehrmals negatives Elmsfeuer zu sehen, sondern sogar den Wechsel des positiven und negativen Elmsfeuers zu beobachten, und zwar jedesmal

während eines und desselben Gewitters am 13., 14., 26., 28. Juli und endlich am 2. August.

Besonders schön zeigte sich die Erscheinung am 2. August. Nach einem Gewitter, während es noch ein wenig regnete, trat negatives Elmsfeuer ein. Das Haus war nicht bloss an den Spitzen, sondern auch an den Wänden mit leuchtenden Punkten besetzt, der Blitzableiter, die eisernen Verankerungen des Hauses, das Schalenkreuz des Anemometers, alles leuchtete; die Fahnenstange war vollständig in Feuer eingehüllt. Wenn man etwas entfernt vom Hause Aufstellung nahm, leuchteten die Haare, die Spitzen des Schnurrbarts, der Hut, die Kleider, und wenn man die Finger ausstreckte, erschienen an jedem Finger (besonders wenn man sie früher im Schnee befeuchtet hatte) kleine Flämmchen, wobei man ein deutliches Brennen verspüren konnte. Gerade als die Entladungen am intensivsten waren, ging in nächster Nähe ein Blitz nieder, worauf die Erscheinung wie abgeschnitten endete. Bald darauf trat positives Elmsfeuer ein, und zwar wiederum so prächtig, wie dies die früheren Male nicht gewesen war.

Die Flämmchen an den Fingern, die beim negativen Elmsfeuer ganz kurz sind, so dass sie mehr den Eindruck leuchtender Punkte machen, werden beim positiven Elmsfeuer zu Büscheln von 8—10 *cm* Länge, die auf etwa 7 *mm* langen Stielen aufsitzen. (S. die Zeichnungen von positivem und negativem Elmsfeuer von Obermayer in der Meteorol. Zeitschrift 1888. p. 325.)

Vereinigte man die Entladungen in einen Knöchel des Fingers, so erzielte man schwach knatternde, violette Funken von etwa 17 *mm* Länge, die in breite, rötlichweisse Feuerbüschel von über 10 *cm* Länge übergingen. Ihr Öffnungswinkel betrug mehr als 90°.

Überhaupt scheinen sich die Büschel an abgerundeten Ecken, wie etwa am Fingerknöchel, viel schöner zu entwickeln als an scharfen Spitzen. An einer Messerspitze zeigte sich zwar intensives Ausströmen der Elektrizität, aber die Lichterscheinung war sehr schwach.

Einen ganz besonders schönen Anblick gewährte es, wenn man einen Blick auf den Abgrund im Norden hinab warf, wo auf jeder Felsenspitze ein solches Lichtbüschel aufsass, in erhöhtem Masse dort, wo gerade der Wind gegen die Felsen wehte. Einen höchst eigentümlichen Anblick bot auch ein auf dem Sonnblicke angekommener Tourist, ein Herr mit etwas in die Höhe stehenden Haaren, um dessen Kopf sich ein vollständiger, mehrere Zentimeter breiter Heiligenschein entwickelte, der um so intensiver wurde, je feuchter — es regnete etwas — die Haare wurden. Der betreffende Herr, der ziemlich lange ausserhalb des Hauses verweilte, hatte übrigens später durch Kopfweh dafür zu büssen. Boehmer berichtet in seinen Schilderungen der Elmsfeuer auf dem

Pikes Peak [1]), dass man überhaupt nach Elmsfeuer eine gewisse Ermattung verspüre, und das gleiche behaupten sowohl Peter, als auch Rojacher. Ich konnte davon nichts bemerken.

Ausser den schon erwähnten Elmsfeuern, bei denen ich, wie schon hervorgehoben wurde, mitunter sogar mehrmals auf einander folgend den Wechsel von positiven und negativen Entladungen beobachten konnte, trat noch am 18. Juli nachmittags Elmsfeuer ein, bei welchem das Sausen des Blitzableiters so heftig war, dass man es im Zimmer vernehmen konnte. Ein zweites Elmsfeuer am Tage beobachtete ich auf einem Spaziergange zum Zirmsee, den ich während eines Gewitters mit heftigem Schneefalle in Begleitung von Peter unternahm, wo die Bergstöcke deutlich zu summen anfingen. Auch im Telephon macht sich das Elmsfeuer durch ein ganz charakteristisches Geräusch — von Boehmer als „Singen im Draht“ bezeichnet — bemerkbar.

Bei den elektrischen Erscheinungen am 2. August, von denen man wohl mit Fug und Recht behaupten darf, dass sie den in den Rocky Mountains beobachteten, wie sie von Boehmer geschildert wurden, an Pracht nicht im mindesten nachstehen, darf auch der Umstand nicht unerwähnt bleiben, dass mit dem Zeichenwechsel des Elmsfeuers auch ein Wechsel in der Farbe der Blitze einzutreten schien. Während des Gewitters erschienen die Blitze nämlich deutlich rot, als dann das negative Elmsfeuer eintrat, wurden sie so intensiv blau, wie ich sie noch nie gesehen habe, und später, als die Entladungen positiv waren, waren auch die Blitze wieder rot wie früher.“

Die Struktur des Blitzes ist in den letzten Jahren wiederholt mittels der Photographie untersucht worden. Es hat sich dabei herausgestellt, dass die Bahn des Blitzes sich als Ast- oder als Wurzelsystem mit zahlreichen freien Verzweigungen darstellt. Es fand sich aber auch, dass in nicht wenigen Fällen Bilder des Blitzes erhalten wurden, die diesen als aus zwei völlig parallel verlaufender Linien darstellten, von denen meist die eine viel stärker oder heller ist als die andere. W. Prinz in Brüssel hat auch bei der photographischen Aufnahme, während eines heftigen Gewitters, das am 25. Juni zwischen 9^h und 10^h in eine 1700 *m* vom Observatorium entfernte Kirche einschlug und dann über das Observatorium fortzog, mehrere Bilder erhalten, welche diese gleichen Eigentümlichkeiten zeigten. Was den Parallelismus der Linien betrifft, so konnte man besonders nach den Erfahrungen bei Entladungen von Maschinenfunken an eine Neigung zum parallelen Verlauf der Blitzentladungen denken Aber es musste auffallen, dass auch bei sehr langen Bahnen die Linien gleich lang und genau parallel zu einander blieben, dass in der Regel

[1]) Wien. Ber. 1888. II. p. 638.

das sekundäre Bild schwächer war, wenn auch gleich starke angetroffen werden, und dass manchmal drei und vier genau parallele Linien abgebildet waren. Prinz ist indessen der Meinung, dass diese Verdoppelungen nur herrühren von Spiegelungen an der Rückseite der empfindlichen Platte und in den Linsen, und vor allem von einer Ungenauigkeit der Einstellung. Wenn es auch schwierig sein mag, diese Erklärung experimentell zu erweisen, so spricht doch sehr zu ihren Gunsten die Thatsache, dass die Blitze unter den verschiedensten Bedingungen stets dieselben Eigentümlichkeiten zeigen, und die Unwahrscheinlichkeit, dass alle sekundären Linien stets in einer zur ersten parallelen Ebene und stets an derselben Seite der Hauptlinie erscheinen sollten. Einzelne Bilder, welche Nebenlinien zeigten, die unabhängig von der Hauptlinie zu sein schienen, lieferten sogar direkt den Beweis, dass es sich um eine Verschiebung des Bildes handelte.

Das St. Elmsfeuer gehört zu den auf dem Lande ziemlich selten auftretenden oder doch beobachteten Erscheinungen, während es den Seefahrern besser bekannt ist. Schon die Alten wussten, dass diese blassen, elektrischen Flämmchen sich nicht selten auf den Masten der Schiffe zeigen, und man glaubte bei ihrem Erscheinen an die Nähe der in Seegefahr hülfreichen Dioskuren Castor und Pollux. Eine Untersuchung über die Häufigkeit des Auftretens von St. Elmsfeuern auf See hat H. Haltermann ausgeführt, indem er sich auf die Aufzeichnungen einer grossen Anzahl von Segelschiff-Journalen stützte[1]). „Während der 800 Monate Beobachtungszeit, welche jene Segelschiff-Journale der Jahre 1884 und 1885, in denen von St. Elmsfeuern überhaupt berichtet wird, enthalten, wurden nicht weniger als 156 einzelne Fälle beobachtet. Dieselben verteilen sich ungleichmässig über die nördliche und südliche Hälfte der Erde. Während 323 Monaten Beobachtungszeit in nördlicher Breite wurde 85 mal das St. Elmsfeuer beobachtet, während in 477 Monaten Aufenthalt in südlicher Breite nur 71 Fälle desselben angetroffen wurden. Es ergiebt sich daraus ein Verhältnis von 26 zu 100 für Nordbreite, gegen 15 zu 100 für Südbreite. Wieviel zu diesem grossen Unterschiede die in den verschiedenen Erdhälften abweichend, hier häufiger, dort seltener, in stürmischen Breiten verlaufenden Reiserouten der Schiffe beitragen, ist auch nur annähernd zu bestimmen unmöglich. — Das Verhältnis stimmt aber sonst zu der Thatsache des Vorwaltens des Stillengürtels, des Vorkommens des Golfstroms und des Kuro Siwo, wie besonders der grösseren Häufigkeit winterlicher Stürme in nördlicher Breite, gegenüber denselben Erscheinungen auf der südlichen Erdhälfte.

Wenn zwischen den in manchen polwärts vom Passatgebiet gelegenen Meeresteilen, im Winter weit häufiger als im Sommer,

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1890. p. 73.



Klein, Jahrbuch I. Tafel VI

Der Bishop'sche Ring, gezeichnet
zu Palermo von A. Riccò am 31 März 1884

im Bereiche von Depressionen auftretenden Gewittern, und den zur Sommerszeit im Golfstrom, in der Nähe tropischer Küsten, wie im Stillengürtel sich anzeigenden, meist rasch vorüberziehenden Gewittern zu unterscheiden ist, so scheint dieses bis zu einem gewissen Grade auch für die St. Elmsfeuer zu gelten. Denn wenn auch diese Erscheinung sich sowohl beim orkanartigen Sturme, in stürmischen, das Ausschiessen des Windes begleitenden Böen, wie während der leichten von vielen Gewittern begleiteten Mallung des Stillengürtels zeigt, so macht sich die Jahreszeit im Auftreten des St. Elmsfeuers doch derart deutlich bemerkbar, dass z. B. in dem nördlich vom Wendekreis gelegenen Teil des Atlantik, dem im Winter wohl stürmischsten Meere der Erde, von 63 dort beobachteten Elmsfeuern 49 in die Monate November bis April und nur 14 in die andere Jahreshälfte fallen. Blitz und Donner sind überall in solchem Grade die Begleiter des St. Elmsfeuers, dass unter den 156 angeführten Fällen sich nur 27 befinden, in denen jene nicht beobachtet wurden. Noch häufigere Begleiter des St. Elmsfeuers, als diese elektrischen Erscheinungen, sind aber Niederschläge. Es ist dieses in solchem Grade der Fall, dass sich unter den 156 Fällen nur 6 befinden, bei denen nicht über Niederschläge irgend welcher Art berichtet wird. Und von diesen wenigen Fällen erscheint es noch dazu nicht unwahrscheinlich, dass das Fehlen einer solchen Angabe nur auf Versehen zurückzuführen ist Unter den Niederschlägen scheinen endlich der Bildung der St. Elmsfeuer die bei starkem Winde stattfindenden Schnee- und Hagelschauer besonders günstig zu sein. Wie am Lande eine stürmische Schneeböe nicht selten von einzelnen Blitz- und Donnerschlägen begleitet wird, so bringen die betreffenden Journale für ähnliche Fälle wiederholt Berichte über das Vorkommen von St Elmsfeuern. In Übereinstimmung mit der Thatsache, dass in der kälteren Temperatur höherer Breiten die Gewitterbildung eine seltenere ist, wird bei Schnee- und Hagelfällen, und zwar besonders bei ersteren, wohl oft das St. Elmsfeuer, aber nur verhältnismässig selten Blitz und Donner bemerkt. Es zeigt sich dieses in solchem Masse, dass unter den 133 Fällen, in denen das St. Elmsfeuer von Regen begleitet auftrat, sich nur 15 befinden, in denen nicht gleichzeitig Blitz oder Donner beobachtet wurde; unter 32 bei Hagelfall stattfindenden St. Elmsfeuern 18 nicht von Blitz oder Donner begleitet waren, dagegen von den 14 sich bei Schneeschauern zeigenden St. Elmsfeuern 12 nicht in Begleitung von Blitz oder Donner auftraten.

Was den Wind anbetrifft, so scheint die Stärke desselben von keinem massgebenden Einfluss auf die Bildung des St. Elmsfeuers zu sein. Es finden sich in der Tabelle genügend Beispiele vom Auftreten des letzteren bei orkanartigem Sturme, wie bei mässigem Winde, bis zum leisen Zuge und der Stille herab. Wie sonst an sich weder ein hoher, noch ein niedriger Luftdruck von

grossem Einfluss auf die Bildung des St. Elmsfeuers zu sein scheint, so ist dem Anscheine nach auch eine grosse oder geringe Luftwärme nicht massgebend für dieselbe.

Untersucht man, in wie weit das Vorkommen der St. Elmsfeuer für verschiedene Teile der Ozeane ein verschieden häufiges ist, so zeigt sich zunächst deutlich der Einfluss, den das Fehlen des Stillengürtels in südlicher Breite des Atlantischen Ozeans ausübt. Das Gebiet des Passats scheint, wenn derselbe beständig weht, überall frei von St. Elmsfeuern zu sein. Günstig für die Bildung desselben erscheint der Meeresteil, welcher polwärts von 30° Breite beginnt, und hier besonders die westliche Hälfte der Meere. Dass dieses der Fall ist, wird durch die dort herrschenden warmen Meeresströmungen, welche der Bildung von jeder Art elektrischer Erscheinung, wie dem Entstehen von Depressionen, so überaus günstig sind, leicht erklärt.

Fasst man alle Angaben zusammen, so scheint sich zu ergeben, dass die Entstehung des St. Elmsfeuers wahrscheinlich denselben Ursachen zuzuschreiben ist, aus welchen Blitz und Donner entstehen, und dass Landbewohner es vielleicht nur deshalb nicht häufiger erblicken, weil die am Lande in so grosser Zahl in die Luft emporragenden Gegenstände die sich ansammelnde Elektrizität leichter ableiten können, sowie auch, weil der Landbewohner in der Nacht, bei Gewitter und Regen unter Dach und Fach zu sein pflegt, und wenn er doch einmal bei solcher Gelegenheit draussen ist, gewiss nicht sein Augenmerk auf die Spitzen hochragender Gegenstände richtet."

Das Nordlicht ist noch immer eine Erscheinung, welche in mannigfacher Beziehung ausserordentlich geheimnisvoll bleibt, wenngleich gegenwärtig die kosmische Natur desselben kaum noch ernstlich behauptet werden kann. Neuerdings hat A. Paulsen bemerkenswerte Beiträge zur genaueren Kenntnis dieser Erscheinung veröffentlicht [1]). Er schliesst aus den verschiedenen Angaben über die Höhe von Polarlichtern, dass ein solches in der gemässigten Zone nur in den oberen Schichten der Atmosphäre erscheint; denn wenn auch seine Höhe über dem Boden sehr veränderlich sein kann, so zeigen die Messungen doch, dass hier die kleinsten Werte nicht unter 100 bis 200 *km* heruntergehen. In der eigentlichen Zone der Polarlichter hingegen zeigt sich die Erscheinung gewöhnlich in niedrigeren Schichten, aber obwohl sie zuweilen in geringem Abstande über dem Erdboden auftreten kann, ist sie gleichwohl in der Regel auf grosse Höhen oberhalb der oberen Wolken begrenzt.

Höhenmessungen zwischen den Stationen Bossekop und Koutokeino ergaben nach Tromholt eine durchschnittliche Höhe

---

[1]) Danske Videnskab. Selskabs Forhandl. 1889. p. 67. Ausführliches Referat in der Naturw. Rundschau 1889. p. 49.

von 100 *km*. Zu Godthaab hat Paulsen ähnliche Beobachtungen organisiert, an zwei Stationen zu beiden Seiten des Fjords in einem Abstande von 5800 *m*. Dieselben ergaben für die Höhe des Nordlichtbogens Werte zwischen 0.6 und 67.8 *km* über dem Boden. Aus den Messungen ergaben sich auch Anhaltspunkte für die Geschwindigkeit der Bewegung der Polarlichtbogen im Sinne des magnetischen Meridians. Die Zahlen lehren, dass die Vorhänge der Polarlichter eine hin- und hergehende Bewegung besassen, und dass die Geschwindigkeit in einer zu ihrer Ausbreitungsebene senkrechten Richtung 2,5 bis 3 *km* in der Minute, oder 40 bis 50 *m* in der Sekunde nicht überstiegen habe, was der Windgeschwindigkeit während eines Orkans entspricht.

Paulsen sah während seines Aufenthaltes in Godthaab zweimal Nordlichtschleier vom magnetischen Süden herankommen und mit grosser Geschwindigkeit über sich wegziehen. Diese Formen des Polarlichtes waren so schmal, dass beim Durchgang des unteren Bandes durch das Zenith gleichzeitig Teile ihrer südlichen und nördlichen Fläche gesehen wurden.

Paulsen schliesst aus seinen Beobachtungen und Messungen, dass in einer bestimmten Zone, welche das südliche Grönland in einer Breite von mindestens vier Breitengraden durchzieht, das Feld, in welchem die Polarlichter sich bilden können, von den höchsten Gebieten der Atmosphäre bis zur Oberfläche des Bodens sich erstreckt.

Die Berichte aus den anderen internationalen Stationen: Fort Rae, Jan Mayen und Spitzbergen zeigen, dass auch dort Erscheinungen beobachtet wurden, welche beweisen, dass die Höhe des Polarlichtes zuweilen eine sehr geringe sein kann. In Spitzbergen hat Carlheim-Gyllenskjöld von einer Basislinie von 572.6 *m* Höhenmessungen am 3. Februar, 3. und 8. März 1883 ausgeführt und Werte gefunden, welche zwischen 0.6 und 29.2 *km* variieren. Das Resultat ist somit hier das gleiche wie in Grönland. In der Zone, wo die Nordlichter am häufigsten sind und die grösste Mannigfaltigkeit der Formen darbieten, entstehen diese Erscheinungen in der Regel in jeder beliebigen Höhe über der Erdoberfläche.

In Betreff der Verteilung der Polarlichter in der Atmosphäre muss jedoch betont werden, dass die grossen Polarlichtmassen nicht bis zur Oberfläche der Erde hinabsteigen können, selbst nicht in der eigentlichen Zone der Polarlichter. Vielmehr sind es stets nur Strahlen, Bänder, Schleier, welche sich bis tief hinab erstrecken; alle Beobachtungen niedriger Polarlichterscheinungen beziehen sich auf solche dünne, beschränkte Massen, die in gar keinem Vergleiche stehen zu den enormen Massen des Polarlichtes in den oberen Regionen der Atmosphäre.

Die Thatsache, dass in der eigentlichen Zone der Polarlichter die Erscheinungen in jeder beliebigen Höhe über der

Erdoberfläche erscheinen können, während sie in den gemässigten Zonen auf die oberen Schichten der Atmosphäre beschränkt sind, steht nach der Ansicht Paulsen's im Einklang mit Edlund's Theorie über den Ursprung der Polarlichter, nach welcher dieselben eine unipolare Induktionserscheinung sind: Der Magnetismus der Erde erzeugt infolge der Rotation des Erdkörpers eine elektrische Potentialdifferenz, die oberen Schichten der Atmosphäre werden positiv, die Erdoberfläche negativ geladen. Da nun die Induktion, welche diese Potentialdifferenz erzeugt, stets senkrecht zur Richtung der Inklinationsnadel wirkt, muss die positive Elektrizität am Äquator in die höchsten Regionen der Atmosphäre dringen, während sie nach den Gegenden der magnetischen Erdpole hin immer mehr sich zur Erde senkt. Der durch die Beobachtung konstatierte Unterschied im Auftreten der Polarlichter in den gemässigten und in den polaren Zonen stimmt also vollständig mit dieser Theorie.

Noch andere Thatsachen scheinen mit der Edlund'schen Theorie in Übereinstimmung zu sein. Weyprecht hat bemerkt, dass das Jahresmaximum der Polarlichter in der eigentlichen Polarlichtzone auf das Wintersolstitium fällt, in den gemässigten Zonen hingegen fällt auf diese Zeit ein Minimum. Diese Beobachtung wird durch die langjährigen Beobachtungsreihen aus Grönland voll bestätigt; letztere ergeben ferner, dass die Polarlichter in Grönland ein Minimum der Häufigkeit zur Zeit des Maximums der Sonnenflecke und umgekehrt ein Maximum der Häufigkeit beim Sonnenfleckenminimum zeigen.

Den Gegensatz zwischen den Epochen der Maxima und Minima der Nordlichter in den arktischen und gemässigten Zonen hatte Weyprecht durch die Annahme erklärt, dass die Zone der Maxima sich nach Norden verschiebe im Wintersolstitium und nach Süden in den Äquinoktien. Diese ziemlich allgemein gebilligte Annahme scheint jedoch Paulsen in keiner Weise gerechtfertigt. Wenn eine solche Verschiebung der Zone der Maxima wirklich stattfände, so wäre es leicht, sie zu konstatieren. Wenn die Zone der Maxima vom Äquinoktium zum Solstitium sich dem Norden näherte, so müsste die Mittellinie dieser Zone sich im Süden von allen Orten finden, für welche die Häufigkeit vom Herbstäquinoktium zum Wintersolstitium wächst. Das südliche Grönland und die übrigen Orte mit einem Maximum im Wintersolstitium müssten daher zu allen übrigen Jahreszeiten im Norden von der Zone der Maxima gelegen sein. Dies spricht jedoch gegen jede Erfahrung, und da auch keine sicher erwiesene Thatsache für die Existenz einer solchen Wanderung der Zone der Maxima spricht, glaubt Paulsen, den Gegensatz zwischen den Epochen grösster Häufigkeit in den gemässigten und den arktischen Zonen sachgemässer, wie folgt, bezeichnen zu können: „Eine stärkere Entwickelung der Nordlichterscheinungen in den ge-

mässigten Gegenden verlangsamt die Polarlichtthätigkeit in der eigentlichen Polarlichtzone, ohne dass diese letztere aufhörte, die Zone zu sein, in welcher die Nordlichter am häufigsten erscheinen und ihren grössten Formenreichtum entfalten."

Diese Thatsache stimmt mit der Edlund'schen Theorie vollständig[1]).

Eine 26-tägige Periode der Nordlichthäufigkeit glaubt J. Liznar nachweisen zu können[2]), und zwar hängt dieselbe nach seiner Ansicht mit der Rotation der Sonne zusammen. Er benutzte zu seiner Untersuchung die Beobachtungen zu Bossekop, Jan Mayen und Fort Rae, die übereinstimmend als Wert der Periode nahezu 26.4 Tage lieferten.

Der Anschluss der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungen ist eine Frage, die in wissenschaftlichen Kreisen wohl als entschieden betrachtet werden kann, die aber seitens der Techniker noch keineswegs in diesem Sinne behandelt wird. Der für die Blitzableiterfrage gebildete Unterausschuss des Elektrotechnischen Vereins zu Berlin hat bekanntlich am 24. Januar 1889 den Entscheid gegeben: „dass der Anschluss der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungen für letztere nicht nur keine Gefahr bringt, sondern dass vielmehr im Falle der Unterlassung eines solchen Anschlusses eben jene Leitungen gerade so wie bei Abwesenheit eines Blitzableiters direkt gefährdet sind. Demnach ist unbedingt zu fordern, dass Blitzableiter mit den in demselben Hause vorhandenen Gas- und Wasserleitungen metallisch verbunden werden. Dieser Anschluss hat an einer geeigneten Stelle vor dem Eintritt der Gas- und Wasserröhren in die Hauptmesser zu erfolgen."

Es scheint nun, dass die Grundlagen, auf welchen dieser Entscheid ruht, den eine Anzahl unserer bedeutendsten Physiker gegeben hat, in den Kreisen der Gas- und Wasserfachleute nicht genügend bekannt oder doch gewürdigt worden sind. Daher ist es angezeigt, auf die Erwägungen zurückzugreifen, welche zu jenem Schlusse führten, und welche jüngst Professor Bernhard Weber in Breslau veröffentlicht hat[3]). Was zunächst die durch Wasser- und Gasröhren bedingte Blitzgefahr der Gebäude betrifft, so sagt derselbe: „Die im Erdreich ausgebreiteten und vielfach verzweigten Systeme der Wasser- und Gasleitungsröhren stehen in der Regel in ausserordentlich inniger Verbindung mit den grossen zusammenhängenden Leitermassen der Erde. Sobald ein einschlagender Blitz an irgend einer Stelle die Wasser- oder Gasröhren erreicht, findet er auf seiner in allen Fällen nach jenen grossen Leitermassen gerichteten Bahn kein wesentliches Hindernis vor; jedenfalls lenken

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1889. Nr. 49.

[2]) Sitzungsber. der k. k. Akad. in Wien. Mathemat.-naturw. Klasse. 97. Abt. IIa. Oktober 1888. Wochenschr. f. Astron. u. Meteorol. 1889. Nr. 6.

[3]) Wochenschrift f. Astronomie u. Meteorologie 1889. Nr. 46 u. 47.

Wasser- und Gasröhren die Bahn des Blitzes auf sich zu. Dies tritt um so energischer ein, je mehr gleichzeitig die letzten Verzweigungen der Röhren an die hervorragenden Punkte der Erdoberfläche heranreichen, je weiter also diese Röhren in die oberen Stockwerke der Gebäude hinaufgeführt sind. Ein Gebäude mit Wasser- und Gasleitung ist sonach der Gefahr ausgesetzt, dass der Blitz, die äusseren Mauern oder das Dach durchbrechend in die genannten Röhren einschlägt. Diese Gefahr bleibt auch dann vorhanden, wenn der unmittelbare metallische Zusammenhang der Röhren durch schlecht leitende Dichtungsmittel unterbrochen ist. Denn solche in der Regel nur einige Millimeter dicke Zwischenschichten werden vom Blitze leicht durchschlagen und beeinflussen die gesamte Bahn desselben nur unmerklich. Es kommt vielmehr in diesen Fällen nur noch die neue, mit der Funkenbildung an den Unterbrechungsstellen etwa verbundene und im Innern der Gebäude unter Umständen nicht unerhebliche Gefahr zu der früheren hinzu".

Die eigene Gefährdung der Wasser- und Gasröhren kann in dreierlei Weisen auftreten: 1. „An der Einschlagstelle des Blitzes in die Röhren; liegt diese Stelle frei in der Luft zutage, so beschränkt sich die zerstörende Wirkung des Blitzes meist auf kleine, unerhebliche Schmelzungen. Bei dünnen Gasröhren kann an solchen Stellen eine Entzündung des Gases eintreten. Wenn die Einschlagstelle im Wasser, im Erdreich oder innerhalb einer Mauer liegt, so tritt eine viel bedeutendere mechanische Zerstörung ein, wie das durch neuere Versuche von Töpler experimentell dargethan ist. Diese mechanische Zerstörung der im Erdreich liegenden Röhren kann unter Umständen sehr beträchtlichen Schaden verursachen, nämlich dann, wenn durch Verzweigung im Erdreiche der Blitz gleichzeitig an mehreren Punkten oder längs grösserer Strecken in die Röhren einschlägt. 2. Beim Überspringen der aus schlecht leitendem Material hergestellten Dichtungsstellen. Diese Gefährdung kann mechanische Zerreissungen der Röhren bewirken. Eine Zündung des Gases ist jedoch nicht wahrscheinlich, wenn die Dichtungsstellen im Erdreich liegen, da selbst explosible Gasgemische durch Funkenbildung nicht entzündet werden, solange sie keine grösseren Hohlräume ausfüllen. Liegen diese Dichtungsstellen, zu denen auch die im Hause gelegenen Gasmesser gehören, in der Luft, so kann Zündung eintreten. 3. Bei leitender Fortführung des Blitzes längs der Röhren. Diese durch Erhitzung und Schmelzung des durchflossenen Leiters bedingte Gefährdung ist eine sehr geringe. Erfahrungsgemäss kommt dieselbe nur bei den dünneren und aus Blei verfertigten Röhren vor".

Die künstlich angelegten Blitzableiter können naturgemäss nur mit Erdplatten versehen werden, welche in Bezug auf Grösse der Fläche und innige Berührung mit den Leitermassen der Erde nur verschwindend klein und wenig wirksam erscheinen neben dem gewaltigen Netze der Wasser- und Gasröhren. Sobald deshalb

irgend ein Ausläufer dieser Röhrensysteme in der Nähe eines Blitzableiters liegt, erhält der in den letzteren einschlagende Blitz die Neigung, auf jene Röhren überzugehen. Dass dies wirklich der Fall, wird durch viele Beispiele bewiesen. Hierhin gehört z. B. der Blitzschlag, welcher am 4. August 1880 vom Ableiter der Nikolaikirche in Flensburg auf die Gasleitung des an der Kirche liegenden Schulhauses übersprang; der Blitzschlag, der 1877 vom Ableiter der Kirche in Itzehoe mit Durchbrechung einer $^1/_2$ *m* dicken Mauer auf die Gasleitung überschlug; der Blitzschlag zu Alatri 1871, welcher einen 10 *m* langen, $^3/_4$ *m* tiefen Graben aufwarf, um vom Ableiter auf die Wasserleitung zu gelangen, und viele andere. Aus Versuchen von Töpler ergiebt sich, dass selbst von Blitzableitern mit den ausgezeichnetsten Erdleitungen sehr beträchtliche Seitenentladungen auf benachbarte Wasser- oder Gasröhren übergehen können. „Nur in einem sehr grossen, viele Meter betragenden Abstande zwischen Röhren und Blitzableiter würde ein Schutz gegen solches Überschlagen zu suchen sein, wenn gleichzeitig vorausgesetzt werden könnte, dass innerhalb dieses trennenden Raumes keinerlei, auch nur vorübergehend angebrachte und auch nur mässig leitende Gegenstände vorhanden sind. Es liegt aber auf der Hand, dass innerhalb bewohnter Gebäude eine derartige Voraussetzung nur in den seltensten Fällen gemacht werden kann, da jeder gewöhnliche Klingelzug, jede Goldleiste u. s. w. unkontrollierbare Brücken und Verbindungsglieder zwischen Blitzableiter und Röhren bilden können". Mit Recht wird ausdrücklich in den Erwägungen hervorgehoben, dass die Komplikation der in einem Gebäude vorhandenen Wasser- und Gasröhren mit einem mit letzteren nicht metallisch verbundenen Blitzableiter allgemein als eine künstlich geschaffene Blitzgefährdung desjenigen Gebäudeteiles erscheint, welcher zwischen Blitzableiter und Röhren liegt, sowie auch der Röhren selbst. Diese Folgerung liegt so klar auf der Hand, dass ein ernstlicher Einwand dagegen gar nicht erhoben werden kann. Ebenso klar ist der Weg vorgezeichnet, um diese Gefahr zu beseitigen. „Verbindet man den Blitzableiter durch eine kontinuierliche metallische Leitung mit denjenigen Teilen der Wasser- und Gasröhren, welche selber ohne Unterbrechungsstellen mit dem ganzen Netze der Röhren in Verbindung stehen, so ist hierdurch jegliche Gefahr beseitigt. Fälle, in denen bei solcher Verbindung Schaden entstanden sei, sind bisher nicht bekannt geworden". Nun muss man allerdings zugeben, dass die Bedingung der lückenlosen Verbindung der Gas- und Wasserröhren eines Gebäudes mit den übrigen Teilen des Systems ausnahmsweise auch nicht erfüllt wird. Dies wird der Fall sein, wenn entweder die in der Strasse liegenden Röhren mit Nichtleitern gedichtet sind, oder wenn der Anschluss an einen nur mit Kitt gedichteten Teil der Röhren im Gebäude gemacht ist, oder wenn, zum Behufe von Reparaturen,

die Röhrenleitung unterbrochen wird. „Allein auch in diesem Falle", heisst es in den Verhandlungen, „wird der wesentlichste Teil der überhaupt in Betracht kommenden Gefahr, nämlich der mit Durchbrechung der Mauern und Bedrohung von Personen verbundene Überschlag vom Blitzableiter auf die Wasser- oder Gasröhren, beseitigt sein. Es verbleiben die beim Überspringen der Lücken und Dichtungsstellen etwa vorhandenen Gefahren für die Rohrleitung. Allein es sind dies dieselben Gefahren, welche auch vorhanden sein würden, wenn die metallische Verbindung zwischen Blitzableiter und Röhren nicht hergestellt worden wäre, und dieselben sind überdies auch noch zu vermeiden, wenn an den Dichtungsstellen der Röhren für metallische Kontinuität gesorgt wird. Durch den Anschluss des Blitzableiters an die Wasser- und Gasröhren verschwindet daher in den meisten Fällen jegliche Gefahr, und in keinem Falle wird eine wesentliche Vermehrung der ohne den Anschluss bestehenden Gefahr bewirkt".

Der Ausschuss hebt noch hervor, dass es notwendig sei, gleichzeitig beide Systeme, die Wasser- sowohl wie die Gasleitung, anzuschliessen, um Seitenentladungen zu verhindern.

Die von Seiten der Wasser- und Gastechniker gegen den Anschluss erhobenen Einwände gehen in erster Linie dahin, dass häufig Unterbrechungen der metallischen Kontinuität der Röhren, insbesondere der Gasröhren und zur Zeit von Reparaturen, vorhanden seien, und dass es wegen der an diesen Stellen auftretenden Blitzgefährdungen teils der Röhren, teils der mit den Reparaturen beschäftigten Arbeiter unzulässig sei, dem Blitze durch Anschluss des Blitzableiters an die Röhren den Weg zu letzteren zu erleichtern.

Diesen Einwand widerlegt die Kommission mit dem Hinweis darauf, dass eine sichere Fernhaltung der Blitzableiter von den Röhren sich ohne Beeinträchtigung der freien Hantierung mit Metallgegenständen innerhalb bewohnter Räume nicht durchführen lässt, und dass ferner die befürchteten Blitzwirkungen auch ohne den Anschluss stattfinden werden, da in Rohrleitungen, deren Teile nicht in kontinuierlicher metallischer Verbindung stehen, ohne Zweifel auch ohne den Anschluss an Blitzableiter Funkenbildungen entstehen können, wenn irgendwo in der Nähe der Blitz einschlägt. „Aber selbst wenn man zugeben müsste, dass durch Unterlassung des Anschlusses der Blitzableiter ein geringe Verminderung dieser Unzuträglichkeiten stattfinde, so ist doch andererseits zu erwägen, dass mit dieser geringen Verminderung einer ohnehin geringfügigen Gefahr eine sehr beträchtliche Gefahr für die Gebäude und die in ihnen befindlichen Personen geschaffen wird, um deren Beseitigung es sich doch in erster Linie handelt bei den hier überhaupt in Frage kommenden, für das Wohlbefinden und die Sicherheit des Publikums geschaffenen technischen Einrichtungen".

Ein anderer von Seiten des Gas- und Wasserfachmänner gemachter Einwand ist, dass die durch den Anschluss der Blitzableiter bedingten häufigen Erdarbeiten eine Störung in der sicheren Funktionierung dieser Rohrleitungen und der durch diese dem Publikum erwachsenden Vorteile hervorrufen könnten. Dem gegenüber bemerkt die Kommission: „Wäre dieses Bedenken in der That ein völlig unvermeidliches, so würde es von einem viel allgemeineren als dem elektrotechnischen Gesichtspunkte zu entscheiden sein, inwieweit die Bewohner der Städte bewussterweise der Blitzgefahr preiszugeben seien, um gegen Störungen in dem Genusse aller mit Gas- und Wasserleitungen verbundenen Vorteile geschützt zu werden. Es ist indessen zu hoffen, dass sich bei geeignetem Entgegenkommen der Gas- und Wasserfachmänner derartige rein mechanisch-technische Vorschriften für die Anschlüsse der Blitzableiter aufstellen lassen, dass durch deren Befolgung die befürchtete rein mechanische Beunruhigung der Rohrnetze nicht eintritt, und dass somit die Blitzgefahr in dem vollen Masse abgewendet werden kann, wie es dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse von der Natur und der Wirkungsweise des Blitzes entspricht“.

19. Optische Erscheinungen in der Erdatmosphäre.

Die blaue Farbe des Himmels, eine der allbekanntesten Erscheinungen der Natur, ist bezüglich ihrer Ursache lange völlig unerklärt geblieben. Seit Lionardo da Vinci, der die Behauptung aufstellte, das Hell vor Dunkel blau erscheine, bis zu Muncke und Nichols (um von Goethe ganz zu schweigen) ist das Himmelsblau als subjektive Erscheinung gedeutet worden, bis Pickering durch direkte Versuche nachwies, dass diese Meinung irrig ist, und der wolkenlose Himmel thatsächlich blaues Licht aussendet. Die Beantwortung der Frage, warum die Luft blaue Strahlen reflektiert und rote durchlässt, ist zuerst von Newton versucht worden, und ihm folgend sucht Clausius zu erweisen, dass das in der Luft schwebende Wasser in Gestalt von kleinen hohlen Bläschen gemäss der Undulationstheorie des Lichtes notwendig blaues Licht reflektieren müsse, das um so dunkler wird, je dünner die Wanddicke jener Bläschen ist. Beobachtungen von Brücke über die Farben trüber Medien (d. h. solcher, in welchen unsichtbar kleine Teilchen einer Materie von verschiedener Dichte und verschiedenem Brechungsvermögen so zahlreich enthalten sind, dass die Durchsichtigkeit des ganzen Gemenges geschwächt erscheint) führten aber zu dem Schlusse, dass man die blaue Farbe des Himmels nicht auf die von Clausius entwickelte Ursache zurückführen dürfe, da für so kleine Teilchen die gewöhnlichen Gesetze der Reflexion und Brechung keine Gültigkeit mehr haben. Die Untersuchungen von Lord Rayleigh gaben erst 1871 die

richtige Erklärung dahingehend, dass bei einer Reflexion von sehr kleinen, trübenden Teilchen (unter 0.00035 *mm* Durchmesser) die Lichtstrahlen von kurzen Wellen, also die blauen, sehr viel stärker reflektiert werden, als diejenige von langen Wellen, welche gegen das rote Ende des Spektrums hin liegen [1]. In dem Masse als jenen kleinsten Teilchen sich grössere hinzugesellen, bis zu solchen, deren Durchmesser die Länge der Lichtwellen übertrifft, treten die gewöhnlichen Reflexionsgesetze in Wirkung, es wird zunehmend weisses Licht zurückgeworfen, d. h. das Blau des Himmels muss erbleichen, bis schliesslich eine weisse und selbst eine grauweisse Färbung eintritt. Es ist leicht einzusehen, dass die blaue Farbe des Himmels, gemäss der oben gegebenen Erklärung, ihre grösste Reinheit im Scheitelpunkte des Beobachters zeigen muss, und dies stimmt überein mit den Messungen, die bereits Saussure und Humboldt zu Ende des vorigen Jahrhunderts ausgeführt haben. Dieselben fanden als Verhältnis der blauen Strahlen in dem Himmelslichte folgende Werte in den beigefügten Höhen über dem Horizont.

Winkelhöhe über dem Horizont:	1°	10°	20°	30°	40°	60°
Saussure . . .	0.04	0.09	0.13	0.16	0.18	0.20
Humboldt . .	0.03	0.06	0.10	0.16	0.18	0.20

Ferner fand Saussure, dass das Blau des Himmels mit zunehmender Höhe über dem Meere intensiver wird. Als Verhältniszahl für die blaue Färbung des Zeniths fand er in Genf 0.225, auf dem Col du Géant 0.31, auf dem Montblanc 0.39. Die ältere von Saussure angewandte Methode, das Blau des Himmels zu bestimmen, bestand in dem Vergleich mit einer Reihe von 53 Farbenabstufungen vom vollen Schwarz durch alle Nüancen des Blau bis zum Weiss. Später haben Arago und Bernard die Polarisation des Lichtes zu einem Cyanometer verwertet, und neuerdings hat Wild ein Uranophotometer konstruiert, das auf ähnlichen Prinzipien beruht. Eine andere spektrophotometrische Methode ist zur Analysierung des Sonnenlichtes von Vogel angewandt worden, und ihrer hat sich unlängst Crova bedient, um das diffuse Licht des Himmels zu analysieren [2]. Er hat das Spektrum des blauen Himmelslichtes in Bezug auf die Intensität seiner einzelnen Partien mit den entsprechenden Regionen im Spektrum der künstlichen Lichtquelle einer Carcel'schen Lampe verglichen, deren Unveränderlichkeit vorher festgestellt worden war. Die Beobachtungen geschahen zusammen mit Houdaille auf dem Mont Ventoux, später wurden zum Vergleiche ähnliche Beobachtungen auch zu Montpellier angestellt. Es ergab

[1] Vergl. Pernter's Darstellung der historischen Entwickelung des Problems in der Zeitschrift „das Wetter" 1890. p. 49—59.

[2] Annales de chimie et de physique 1890. Aout. Comptes rendus. **109.** p. 493.

sich, dass bei Sonnenaufgang die stärker brechbaren Strahlen überwiegen, dass aber ihre relative Intensität bis Mittag abnimmt und von da an wieder wächst. Die Veränderung der blauen Farbe des Himmels zeigt einen ähnlichen Gang, wie die Wärmestrahlung der Sonne am Tage. Das Licht des bewölkten Himmels enthält weniger Blau als dasjenige des heiteren, aber mehr als das direkte Sonnenlicht.

Eine intensive blaugrüne Färbung des letzten Sonnenstrahles bemerkt man bisweilen am Meere, wenn die Sonnenscheibe noch mit einem verschwindend kleinen Teile über dem Horizonte steht und im Begriff ist, völlig darunter zu versinken. Die Erklärung dieses Phänomens ist nach Pellat einfach in der Dispersion unserer Atmosphäre zu suchen [1]). Infolge der Refraktion erscheinen alle Gestirne am Horizonte höher, als sie ohne Luft wären. Nehmen wir vorläufig an, es würden keine Farben absorbiert, dann würden die brechbarsten Strahlen am stärksten abgelenkt; es würden durch die Lichtbrechung eine Reihe farbiger Sonnenbilder, entstehen, von denen das violette am höchsten, das rote am tiefsten stände; da diese Bilder grösstenteils über einander fallen, hätte man eine weisse Sonnenscheibe, unten mit einem gelben bis roten, oben mit einem grünen bis violetten Rande. Da nun die gelborange Färbung der Sonne beweist, dass die blauen und violetten Strahlen absorbiert werden, so wird man von dem oberen farbigen Rande nur das Grüne sehen.

In ähnlicher Weise erklärt auch L. Sohnke die Erscheinung. So wie ein dem Horizonte nahestehender Sterne im Fernrohr zu einem Spektrum ausgezogen erscheint, dessen stärker gebrochenes, blauviolettes Ende sicher gehoben ist als das rote, so muss auch das letzte sichtbare Stückchen der Sonne das blauviolette Ende des Spektrums zeigen [2]).

Beobachtungen über die terrestrische Strahlenbrechung sind auf der deutschen Polarstation Kingua-Fjord (Baffinsland) angestellt worden. Sie ergaben, dass dieselbe ausserordentlich wechselvoll ist, ja von Stunde zu Stunde sich ändert, besonders dann, wenn die Lichtstrahlen nahe über die Schnee- und Eisflächen des Fjords streichen [3]).

Die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre, welche dem Krakatau-Ausbruch folgten, sind zuerst in musterhafter Weise von Professor Kiessling untersucht und gedeutet worden [4]). Hiernach traten dieselben in dreifacher Form auf, als grüne und blaue Färbungen der Sonne, als höchst ungewöhnliche Entwickelung der Dämmerungsfarben und schliesslich als die

---

[1]) Bull. de la Soc. philomatique de Paris 1888. p. 7. **12.** p. 22.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1889. p. 477.
[3]) Archiv der deutschen Seewarte **9.** 1886.
[4]) Vergl. Revue der Naturwissenschaften **16.** p. 480 u. ff.

Sonne umgebender Beugungsring Die von der Kgl. Gesellschaft zu London behufs Studiums dieser Erscheinungen eingesetzte Kommission hat in ihrem Berichte, den die Meteorologen R. Russel und Douglas Archibald veröffentlichten, diesen Erscheinungen eine sehr eingehende Berücksichtigung zu Teil werden lassen. Pernter giebt in seiner oben [1]) bereits erwähnten Analyse der Arbeiten der britischen Krakatau-Kommission folgende Zusammenstellung der Ergebnisse bezüglich des optischen Teiles.

Als stetiger Begleiter der aussergewöhnlichen optischen Erscheinungen in der Atmosphäre während der ganzen Dauer der atmosphärisch-optischen Störung erscheint der Dunstnebel. Pernter acceptiert den Ausdruck Dunstnebel nach Kiessling's Vorschlag zur Bezeichnung jener eigentümlich rauchigen Trübung der Atmosphäre, welche sowohl in den Tropen, als ausserhalb derselben beobachtet wurde; desgleichen rührt die Bezeichnung der ganzen aussergewöhnlichen Lichterscheinungen als atmosphärisch-optische Störung von Kiessling her.

„Der Dunstnebel zeigte sich in den äquatorialen Gegenden dichter, in den aussertropischen Gegenden nur mehr als leichte, unter günstigen Beleuchtungsbedingungen sichtbare, hohe cirrusähnliche Schicht. Am dichtesten trat er in der Nähe des Krakatau nach dem grossen Ausbruch des August auf, vielfach in Verbindung mit Aschenregen. Es ist ganz zweifellos, dass in diesen Gegenden, wenigstens die Beobachtungen der ersten Tage nach dem grossen Ausbruche, sich auf vom Krakatau ausgeworfene Rauch- oder Dunstmassen beziehen, wofür ja hauptsächlich der im Indischen Ozean am 27., 28., 29. und 30. August so vielfach beobachtete Aschenregen zeugt. Da aber von da ab allmählich und nacheinander der Dunstnebel, freilich ohne Aschenregen, rings um die Erde, zunächst in den Tropen, später auch in aussertropischen Gegenden beobachtet wurde und immer gleichzeitig mit denselben optischen Erscheinungen, welche er auch im Indischen Ozean gleich nach dem Krakatau-Ausbruche hervorrief, so liegt es nahe, zu vermuten, dass der Dunstnebel auf der ganzen Erde nichts anderes war, als der allmählich zuerst in den Tropen und dann auch ausserhalb sich überall hin verbreitende Rauch und Dunst des grossen Krakatau-Ausbruches.

Die Ausdrücke, welche bei Beschreibung dieses Dunstnebels gebraucht werden, kennzeichnen ihn fast durchwegs als etwas Ungewöhnliches. In den ersten Tagen nach dem grossen Ausbruche herrscht die einfache Bezeichnung „dunstige Luft“, „eigentümlich rauchiger Himmel“, „trockene, rauchige, unbeschreibliche Wolken“, „gelblicher Dunst“, „eigentümlich leichter Dunst“ u. s. w. vor, ohne besondere Angabe über die Höhe dieses Dunstnebels, der meist den ganzen Himmel erfüllte. Die erste nähere Be-

[1]) p. 115.

zeichnung der Höhe finden wir am 3. September („Euterpe“ in 14°S 8°W): „eine graue Wolkenschicht über den Cumulus- und Stratuswolken, welche den ganzen Himmel bedeckte, schon seit den letzten Tagen“. Ebenso wurde an Bord des „Burdwan“ am gleichen Tage beobachtet (in 27.7°S 8.6°E): „Grossartiger Sonnenuntergang; langdauernde Dämmerung; obere Wolken aus NW“. Am 4. September bezeichnet das erste Mal der Kapitän des „Superb“ (16°S 149°W) den Dunstnebel als „stationäre Cirrus“, welche Bezeichnung von da ab mit näheren Zusätzen sich stetig wiederholt.

Das Absonderliche dieses Dunstnebels drückt sich auch sonst in den Beschreibungen aus. So bemerkt das Journal der „Queen of Cambria“ am 13. September: „Ich weiss nicht, wie ich den Stoff nennen soll, der in den höheren Schichten sichtbar ist, dünne Cirrostratus oder Dunst“. Auch wird der Anblick des Dunstnebels als „geriffelt“, „gefaltet“ u s. w. beschrieben.

Ähnliche Ausdrücke und Beschreibungen finden wir auch später im Oktober, November, Dezember u. s. w. bei Beobachtern in höheren Breiten, von denen besonders Mr. Rollo Russel hervorzuheben ist. Man erkennt jedoch eine bedeutende Abnahme der Dichte des Dunstnebels mit der Zeit, so dass derselbe später nur mehr aufmerksamen Beobachtern bei günstigen Beleuchtungsverhältnissen auffiel, während er im September in den Tropen von jedermann unwillkürlich gesehen werden musste, und im August im indischen Ozean sogar so dicht war, dass er die Sonne fast verdunkelte.

Alles dies spricht sehr dafür, dass der auf der ganzen Erde beobachtete Dunstnebel vom Krakatau-Ausbruche herrührte. Diese Ansicht wird bestärkt durch den Umstand, dass fast immer gleichzeitig vom Auftreten der Dunstnebel und dem Erscheinen der farbigen Sonne, der ungewöhnlichen Dämmerungen und des Bishop'schen Ringes berichtet wird lauter Erscheinungen, die auch gleich nach dem Krakatau-Ausbruche im indischen Ozean die allgemeine Aufmerksamkeit fesselten.

Ausser diesen allgemein auffallenden Erscheinungen bewirkte aber der Dunstnebel auch in seiner grössten Verdünnung noch andere, welche hauptsächlich die Astronomen bemerkten, indem er die allgemeine Durchsichtigkeit der Luft herabminderte.

Über die Bestandteile, aus welchen dieser Dunstnebel bestand, lässt sich aus den Beobachtungen des Dunstnebels selbst wenig sagen; vielleicht bieten uns die von ihm verursachten optischen Erscheinungen Anhaltspunkte, um Näheres hierüber zu erfahren. Zweifellos ist, dass derselbe eine auffallende Verschiedenheit von den gewöhnlichen Cirruswolken zeigte, weil die meisten Beobachter dieselbe erwähnen. Kommt diese Verschiedenheit des Anblickes des Dunstnebels gegenüber von Cirruswolken nur von der grösseren Höhe her, in welcher er, wie wir sehen werden, schwebte? Oder waren seine Bestandteile von denen der Cirruswolken verschieden?

Dies lässt sich ohne weiteres nicht entscheiden, und wir wollen, um Wiederholungen zu vermeiden, die weiteren Erörterungen hierüber darauf beschränken, dass wir uns seine Zusammensetzung konstruieren unter der Voraussetzung, dass er vom Krakatau-Ausbruche herrührt.

Der Vorgang, durch welchen hiernach dieser Dunstnebel in die Höhe, wie wir sehen werden, von 30000 *m* und darüber, geführt wurde, mag uns schon einigen Aufschluss über die Zusammensetzung des Dunstnebels geben. Wir haben gesehen [1]), dass der Krakatau-Ausbruch ein ungewöhnlich gasreicher war. Die stark erhitzten Gase stiegen aber infolge der gewaltigen Expansion, die sie bei der Explosion erlitten, rasch und mit Gewalt in die Höhe, und nach Erschöpfung dieser Kraft mussten sie gegen ihre Umgebung noch immer eine viel zu hohe Temperatur haben, so dass sie nun, infolge des Unterschiedes der Temperatur gegen die kalte Umgebung, mit einem mächtigen Auftriebe weiter empor stiegen. Bei diesem Vorgange mussten sie feste Teile des Auswurfsmaterials mit sich reissen und die feinsten Teilchen mit sich bis in die höchsten Schichten entführen. Ein Bestandteil des Dunstnebels war somit sicherlich feinster und allerfeinster ultramikroskopischer Bimssteinstaub. Die Form dieser Teilchen wird sich nie genau bestimmen lassen. Nach der Analogie der feinsten Teilchen, welche der Aschenregen wieder zur Erde führte, werden sich aber darin dünne Blättchen, Reste von geplatzten kleinsten Kügelchen, strahlige Bruchteile u. s. w. befunden haben. Fraglich bleibt, ob auch kleine Hohlkügelchen darunter sein konnten. Wenn dies der Fall war, konnte es nur so geschehen, dass in kleinen Hohlräumen des geschmolzenen Bimssteines eingeschlossenes Gas oder Wasserdampf infolge der grossen Temperaturerniedrigung beim Aufstieg in so grosse Höhe sich kondensierte, und die Kügelchen durch Zufall einer Zertrümmerung durch Reibung an grösseren Teilchen entgingen.

Ein Bestandteil des Dunstnebels war daher offenbar feinster ultramikroskopischer Vulkanstaub. Der Durchmesser der kleinsten Teilchen, welche den Bishop'schen Ring erzeugten, wird zu 0.0018 bis 0.0034 *mm* gefunden.

Zweifellos sind in die Höhen, wohin der vulkanische Staub geführt wurde, auch die Gase gedrungen, welche ihn mit hinaufführten. Denn der Gedanke, dass diese allerfeinsten Teilchen durch die Kraft der Explosion, wie die Projektile eines Geschosses, in diese Höhen hinaufgeschleudert worden sind, ist ganz und gar auszuschliessen. Diese Gase bestanden aber der Hauptsache nach aus schwefliger Säure, Chlorwasserstoff und Wasserdampf.

Was nun zunächst den letzteren betrifft, so wurde derselbe jedenfalls kondensiert, entweder in niedrigen Schichten oder oben

[1]) Vgl p. 117.

in der höchsten von den aufsteigenden Gasen erreichten Schicht, in der That dürften beide Möglichkeiten eingetreten sein. Die leichten kleinsten Wassertröpfchen, die ja an den Staubteilchen Kondensationskerne fanden, werden ebenfalls von dem heftigen aufsteigenden Gasstrom mit in die höchste erreichte Schicht mitgeführt worden sein; der in den höchsten Schichten erst zur Kondensation gelangte Wasserdampf wird sich aber in Form von allerfeinsten Eisnädelchen kristallisiert haben. Da die in die Höhe geführten ultramikroskopischen Wassertröpfchen entweder überkaltet als Wassertröpfchen oder, durch Stoss zum Gefrieren gebracht, als Eiskügelchen einen Bestandteil des Dunstnebels ausmachen mussten, so müssen wir als zweiten Bestandteil des Dunstnebels annehmen: Wasserkügelchen, Eiskügelchen, Eisnädelchen.

Da nun aber auch die Gase, welche in diese Höhen vordrangen, hauptsächlich schweflige Säure und Chlorwasserstoff, eine so bedeutende Temperaturerniedrigung, wohl bis zu —100°C., erlitten, so ist anzunehmen, dass selbst bei dem niedrigen Drucke von 12 *mm* sich auch Kondensationsprodukte derselben bildeten, jedenfalls flüssige; feste dürften wohl weniger wahrscheinlich sein, es wäre denn, dass infolge einer teilweisen Zersetzung der schwefligen Säure sich Schwefelkristalle ausgeschieden hätten.

Überdies dürften wohl auch Gase hinaufgedrungen sein, welche im gasförmigen Zustande verblieben.

Hiernach hätten wir folgende Zusammensetzung des Dunstnebels, unter der Voraussetzung, dass er vom Krakatau-Ausbruche herrührt: Ultramikroskopischer Vulkanstaub in Form von feinsten Bimssteinblättchen, Nädelchen, Trümmer kleinster Kügelchen; Wassertröpfchen, Eiskügelchen, Eiskriställchen, deren Kerne obiger Staub lieferte; Tröpfchen von schwefliger Säure und Chlorwasserstoff, vielleicht auch Schwefelkriställchen, überdies Gase.

Es wirft sich nun noch die Frage auf, welcher dieser Bestandteile der stärkstvertretene, dem Dunstnebel sein charakteristisches Aussehen gewährende, war.

Hier stehen sich zwei Ansichten entgegen. Kiessling ist infolge seiner experimentellen Untersuchungen, also auf guter Grundlage, zur Ansicht gelangt, dass die vom Dunstnebel hervorgerufenen optischen Erscheinungen darauf hinweisen, dass derselbe in der Hauptsache als eine aus „festen Sublimationsniederschlägen“ oder aus „feuchtem Nebel“ bestehende Schicht aufzufassen ist. Dieser „feuchte Nebel“ entsteht besonders durch „Rauch“, welcher infolge von Verbrennung oder chemischen Prozessen entwickelt wird in mit Wasserdampf gesättigter Luft.

Dem gegenüber vertreten Rollo Russel und Douglas Archibald, besonders eingehend letzterer, im Werke der Royal Society die Ansicht, dass der Dunstnebel der Hauptsache nach überwiegend trockener Staubnebel war.

Immer unter der Voraussetzung, dass der Dunstnebel dem

Krakatau-Ausbruche zu verdanken war, bekämpft Archibald das Vorhandensein von irgend beträchtlichen Mengen Wassers, in welcher Form immer, im Dunstnebel folgendermassen: „Gegen die Ansicht, dass eine grosse Menge Wasserdampf vom Vulkan ausgeworfen wurde, spricht der Mangel an Berichten von Regen bei diesem Ausbruche, wovon nur zweimal die Rede ist, ganz in der Nähe des Vulkans; dem entgegen lesen wir, dass die fallende Asche so heiss war, dass sie auf der Haut brannte, ja in Segel und Kleider Löcher brannte."

Dass dies nichts gegen das Vorhandensein einer grossen Menge Wasserdampfes beim Ausbruche beweist, ergiebt sich schon daraus, dass auch von Archibald der Wasserdampf als die Haupttriebkraft der Explosion angesehen wird. Es würde dadurch nur bestätigt, dass dieser Ausbruch von ungewöhnlicher, nie dagewesener Heftigkeit, bei einer so hohen Anfangstemperatur stattfand, dass die folgende Expansion nicht hinreichte, den Wasserdampf auf eine Temperatur zu bringen, bei der er sofort kondensierte, und die Kondensation erst allmählich bei dem Aufstieg in die höchsten Schichten erfolgte, wo er dann in feiner Verteilung den ungewöhnlichen „Dunstnebel" bilden half.

Die Sonne wurde während der Dauer der „atmosphärisch-optischen Störung" am häufigsten blau gesehen, sehr häufig erschien sie auch grün, und war speziell die „grüne Sonne" die auffallendste und angestaunteste Färbung.

Was den Ort betrifft, wo die farbige Sonne gesehen wurde, so ist hervorzuheben, dass dieselbe hauptsächlich in der äquatorialen Zone viel beobachtet wurde, in den aussertropischen Gegenden aber nur schwach und selten. Besonders gilt dies von der charakteristischsten Färbung, der grünen Sonne. Es sei darauf besonders deshalb hingewiesen, weil die beiden anderen optischen Phänomene der Störungszeit auch in den aussertropischen Gegenden in ihrer vollen Pracht auftraten.

Die farbige Sonne wurde in der Nähe vom Krakatau im engsten Zusammenhange mit den Rauchwolken des Ausbruches und dem Aschenregen gesehen. So bei dem kleineren Ausbruche im Mai, so auch beim grossen im August. Wiederholt erschien die Sonne in geringer Höhe über dem Horizonte grün, in grösserer Höhe blau, wobei dann der Himmel ein rauchiges Aussehen hatte, und am Horizonte bis zu mehreren Graden so dichter Dunst lagerte, dass die Sonne erst in einer Höhe von 7—10° sichtbar wurde.

Das Bild der Erscheinung der farbigen Sonne wird abgeschlossen durch die Art der Verbreitung dieser Erscheinung. Nach dem grossen Ausbruche am 27. August wurde eine grüne Sonne auf Ceylon, in Batavia und auf den Inseln Labuan und Bangey bei Borneo gesehen, und von da ab und, wie es scheinen will, von da aus verbreitete sich die Erscheinung der farbigen Sonne in der äquatorialen Zone um die ganze Erde herum.

Ausserhalb der Tropen wurde die farbige Sonne gesehen in Japan, in Hankow (China), in der Nähe der Azoren, in Kalmar (Schweden), in Krakau, in Kersal (England); in den letzten drei Orten erst im Dezember 1883 und Januar und Februar 1884.

Die Erscheinung zog natürlich auch den Mond in Mitleidenschaft, so dass wir wiederholt von einem grünen Monde lesen, ja selbst hellere Sterne werden als grün beschrieben. Auch diese Erscheinung kam häufiger in den Tropen vor, wenn sie auch in den aussertropischen Gegenden nicht so selten war, wie die farbige Sonne. Freilich kommt hier in Betracht, dass man zuweilen nicht zu entscheiden vermag, ob die grüne Farbe des Mondes und der Sterne nicht etwa Kontrastwirkung infolge des noch herrschenden oder eben gesehenen Purpurlichtes der Dämmerung war (was sicherlich der Fall gewesen).

„Alle Beobachter der farbigen Sonne berichten, dass gleichzeitig der Himmel mehr oder weniger von einem eigentümlichen Dunste getrübt war, der vielfach so stark auftrat, dass man die Sonne noch in bedeutender Höhe mit freiem Auge anschauen konnte. Wiederholt wird bemerkt, dass ein Dunstnebel am Himmel sich zeige, durch welchen die Sonne strahlenlos scheine und bald blau, bald grün, bald silberglänzend, bald kupferfarbig u. s. w. erschien. Oft wird nur von diesem Dunstnebel berichtet, welcher die Sonne der Strahlen beraubte. Es ist somit zweifellos der oben beschriebene Dunstnebel die Ursache dieser Erscheinungen.

Die Frage, wie der Dunstnebel alle diese Färbungen der Sonne hervorrufen konnte, ist schwerer zu beantworten, da Untersuchungen über die Beeinflussung des Lichtes beim Durchgang durch Staub, Rauch, Wasserwolken, Eiswolken bisher ganz fehlten. Den richtigsten Weg zur Beantwortung dieser Frage hat Kiessling eingeschlagen, indem er versuchte, die farbigen Sonnen mit Hilfe von Trübungen durch Staub, Rauch, Nebel u. s. w. künstlich nachzuahmen.

Der Bishop'sche Ring. Die erste genaue Beschreibung dieser Erscheinung rührt von S. Bishop in Honolulu her, weshalb dieselbe auch die Benennung Bishop'scher Ring erhielt. Bishop beschreibt diesen Ring nach der ersten Beobachtung am 5. September 1883 als eine sehr eigenartige Korona oder Ring, der sich in 20 bis 30° Sonnenabstand ausdehnte und täglich und den ganzen Tag über sichtbar war; er erschien als weisser Dunst mit blassroter Einfassung, gegen das Himmelsblau in lila oder purpur abtönend.

Nach dem 5. September finden wir, anfänglich nur in den Tropen, später auch in aussertropischen Gegenden, fortlaufende Angaben über das Auftreten des Bishop'schen Ringes. Er zeigt sich überhaupt als stetiger Begleiter der aussergewöhnlichen Dämmerungen, indem er überall dort auftritt, wo die prachtvollen Abend- und Morgenröten sich zeigten. Ja, er überdauerte die letzteren überall so sehr, dass lange nach dem Verblassen dieser

herrlichen Dämmerungen der Bishop'sche Ring in Europa noch bis in den Juli 1886 sichtbar blieb.

Die Beschreibung des Bishop'schen Ringes wird von allen Beobachtern ziemlich genau übereinstimmend gegeben.

Aus allen Beschreibungen geht hervor, dass der Bishop'sche Ring ein rötlich-brauner Kreis von $40-50^{0}$ Durchmesser war, in dessem Mittelpunkt die Sonne stand, und dessen zwischen der Sonne und dem rötlichen Ringe gelegene Fläche bläulich und weisslich erschien.

Diese Anordnung der Farben lässt keinen Zweifel darüber aufkommen, dass wir es hier mit einer Beugungserscheinung zu thun haben, hervorgerufen durch viele äusserst kleine, unregelmässig verteilte, nicht ganz gleiche Teilchen.

Die Sichtbarkeit des Bishop'schen Ringes hing nur vom klaren Wetter ab; er war immer sichtbar, in Europa z. B. von seinem ersten Auftreten an, so oft als der Himmel rein war. Seine Dimensionen blieben stets ungeändert, und keine wie immer gearteten Witterungserscheinungen vermochten ihn zu alterieren. Der fleissigste Beobachter desselben, Professor Forel, konnte erst im November 1885 ein selteneres Sichtbarsein desselben konstatieren; die letzte Sichtbarkeit des Ringes fällt aber erst auf Juli 1886.

Der Bishop'sche Ring war eine Erscheinung, wie sie nie vorher gesehen worden war; ein Beugungsring von so grossem Radius war bisher nicht erschienen. Er verdankt seinen Ursprung offenbar einer sehr hohen, von der Witterung der unteren Luftschichten nicht beeinflussbaren Schicht, in welcher äusserst kleine Teilchen von einem durchschnittlichen Durchmesser zwischen 0.0018 und 0.0034 *mm* schwebten. Dass diese Teilchen den oben beschriebenen Dunstnebel bildeten, ist ausser Zweifel, da der Bishop'sche Ring überall gleichzeitig mit diesem Dunstnebel auftrat.

Die ungewöhnlichen Dämmerungserscheinungen waren im wesentlichen nichts anderes, als mit grösster Farbenpracht und Glanz verlaufende, ungewöhnlich lange Dämmerungen. Alle Phasen der normalen Dämmerung finden wir in ihnen wieder, nur mit grösserer Intensität; die Dauer war besonders für das zweite Purpurlicht auffallend.

Kiessling stellte zuerst den Satz auf, dass das erste Purpurlicht bei der ungewöhnlichen Dämmerung als eine Fortsetzung der Erscheinung des Bishop'schen Ringes aufzufassen sei, und konsequentermassen, dass dasselbe eine Beugungserscheinung war. Ganz folgerichtig erklärte er demgemäss das erste Purpurlicht überhaupt, auch bei den gewöhnlichen Dämmerungen, als eine Beugungserscheinung. Riggenbach begründete diese Auffassung durch viele Messungen des Bishop'schen Ringes bei seinem Verschwinden und des ersten Purpurlichtes bei seinem Erscheinen und stellte so Kiessling's Hypothese auf feste experimentelle Grundlagen, auf welchen fussend er seine im wesentlichen mit

Kiessling übereinstimmende Theorie des ersten Purpurlichtes aufbaute.

Das zweite Purpurlicht wurde stets als der Reflex des ersten aufgefasst, und haben die Beobachtungen der ungewöhnlichen Dämmerungen an dieser Auffassung nichts geändert, vielmehr dieselbe nur noch entschiedener bestätigt.

Es war aber gerade das zweite Purpurlicht, wie es bei den ungewöhnlichen Dämmerungen sich entwickelte, der auffallendste Teil derselben. Die ungewöhnlich lichtstarke und farbenkräftige Entwickelung desselben und seine auffallend lange Dauer war es, welche die Aufmerksamkeit der Menge auf sich zog und vielfach alarmierend wirkte.

Die Dauer des zweiten Purpurlichtes in den Monaten November und Dezember 1883, Januar, Februar 1884 währte im Mittel bis 96 Minuten nach Sonnenuntergang; auch das erste Purpurlicht wies eine längere Dauer als bei den normalen Dämmerungen auf; es dauerte im Mittel bis 54 Minuten nach Sonnenuntergang. Es kam aber auch noch längere Dauer vor, für das erste Purpurlicht über eine Stunde, für das zweite Purpurlicht zwei Stunden und darüber.

Dass die Ursache der Purpurlichter und der Dämmerung überhaupt in den in der Atmosphäre schwebenden Staubteilchen oder Kondensationsprodukten des Wassers liegt, ist bekannt Je höher diese Trübungen in die Atmosphäre hinaufreichen, desto länger währt die Dämmerung, bezw. die Purpurlichter. Die Dauer dieser Erscheinungen und die Höhe der höchsten lichtzerstreuenden Schichten hängt nach einem einfachen Gesetze zusammen, so dass man aus ersterer die letztere berechnen kann

Die Rechnung giebt, dass die Höhe des Dunstnebels zuerst etwa 30 *km* war, eine Höhe, welche nach einer Messung des Kapitän der „Medea“ am 26. August 1883 die Rauchsäule des Krakatau erreichte. Später sinkt der Dunstnebel erst nur wenig, bleibt dann in etwa gleicher Höhe, um von November auf Dezember sehr beträchtlich zu sinken. Zu ganz ähnlichen Resultaten wie diese allgemeinen Mittel aus allen Beobachtungen führen auch längere Reihen einzelner Beobachter, wie die Rollo Russel's in England, O. Jesse's in Berlin und Meldrum's auf Mauritius, also an sehr weit von einander entlegenen Orten. Der Dunstnebel wäre hiernach von August 1883 bis Februar 1884 um 15000 *m* gesunken.“

Leuchtende Nachtwolken. Seit dem Jahre 1885 hat sich zur Sommerszeit in Europa die Erscheinung leuchtender Wolken am nächtlichen Himmel eingestellt, und es ist besonders O. Jesse in Berlin, welcher sich mit dem Studium dieses seltsamen Phänomens beschäftigte und zur Beobachtung desselben aufforderte. „Diese leuchtenden Nachtwolken“, sagt er, „treten immer nur innerhalb desjenigen Teiles des Abend- und Morgen-

himmels auf, welcher von dem Dämmerungslicht erhellt, und welcher gegen den Nachthimmel durch einen mehr oder weniger verwaschenen Halbkreis, den Dämmerungsbogen, begrenzt ist. Die Wolken zeigen sich am Abend dann, wenn die Sonne etwa 10° unter dem Horizonte sich befindet, und bleiben gewöhnlich so lange sichtbar, als die Dämmerung anhält. Morgens ist der Verlauf umgekehrt. Sie sind den gewöhnlichen Cirruswolken ähnlich, aber sie unterscheiden sich in einigen wesentlichen Punkten von ihnen, wodurch sie im allgemeinen sogleich zu erkennen sind. Wenn nämlich gewöhnliche Cirruswolken innerhalb des Dämmerungsbogens zu einer Zeit, wenn die Sonne 10° und mehr unter dem Horizonte ist, sich befinden, so sind sie stets dunkler, als der sie umgebende Dämmerungshimmel; die leuchtenden Nachtwolken sind dagegen stets heller als der letztere. Ferner: die gewöhnlichen Cirruswolken verschwinden im allgemeinen nicht, wenn der Dämmerungsbogen über sie hinweggeht, so dass sie in den Nachthimmel eintreten; sie verändern nur ihr Aussehen in der Weise, dass sie, während sie vorher dunkler waren als ihre unmittelbare Umgebung, nach Eintritt in den Nachthimmel heller sind als dieselbe. Die leuchtenden Nachtwolken verschwinden aber gänzlich, sobald der Dämmerungsbogen über sie hinweggeht, und nur derjenige Teil bleibt sichtbar, welcher innerhalb des Dämmerungssegments liegt. In Bezug auf die Farbe der leuchtenden Nachtwolken ist zu erwähnen, dass dieselben mit einem weissen, silberartigen Glanze leuchten, welcher in der Nähe des Horizonts mehr in Goldgelb übergeht. Bemerkenswert ist noch, dass die Erscheinung innerhalb der jahreszeitlichen Periode ihrer Sichtbarkeit nicht an jedem sonst wolkenfreien Abend oder Morgen auftritt, sondern, dass sie meist in Zwischenzeiten von 8—14 Tagen erfolgt und dann in der Regel mehrere Nächte hintereinander. Zur Beobachtung ist ein in der Dämmerungsgegend möglichst freier Horizont nötig, Gaslicht und elektrisches Licht sind im allgemeinen störend für die Wahrnehmbarkeit. Während die Cirruswolken nur bis zur Höhe von 13 *km* in der Atmosphäre schweben, erreichen die leuchtenden Nachtwolken Höhen bis zu 83 *km*, wie sich aus korrespondierenden Beobachtungen an mehreren Stationen ergiebt. Im Sommer 1889 ist die Erscheinung nicht nur im nördlichen Deutschland, sondern auch in Holland, der Schweiz und Nordamerika beobachtet worden. O. Jesse hat Höhenbestimmungen dieser Wolken ausgeführt durch simultane photographische Aufnahmen zu Steglitz, Nauen und Rathenow[1]). Es ergab sich im Mittel eine Höhe von 83 *km*, und gleichzeitig fanden sich Geschwindigkeiten der betreffenden Wolken bis zu 300 *m* in der Sekunde. Dieses Resultat, welches zum ersten Male sicheren Aufschluss über die Bewegungsver-

[1]) Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1890. p. 1031 u. ff.

hältnisse in den höchsten Luftregionen verschafft, ist von grösster Wichtigkeit. Auch darauf macht O. Jesse scharfsinnig aufmerksam, dass die leuchtenden Nachtwolken sich nur periodisch über denjenigen gemässigten und polaren Zonen zeigten. welche eben Sommer hatten, und dass man hiernach annehmen muss, „dass in den grossen Höhen, in welchen diese Wolken sich bewegten, eine besondere Art von Zirkulationsprozess stattfindet, welcher uns jetzt zum ersten Male durch die jährliche Wanderung jener das Sonnenlicht stark reflektierenden kleinsten Teilchen erkennbar gemacht wird."

Das Funkeln der Sterne, jene Erscheinung, welche die nächtliche Himmelsdecke anmutig zu beleben scheint, hat seit jeher der wissenschaftlichen Erklärung die grössten Schwierigkeiten gemacht. Nach neueren Beobachtungen, welche J. M. Pernter auf dem Sonnblickgipfel angestellt hat[1]), ergiebt sich, dass die Scintillation nicht lediglich in den untersten Schichten der Atmosphäre stattfindet, sondern auch in den oberen Regionen, ja dass letztere in gewissen Fällen ein viel lebhafteres Funkeln der Sterne verursachen als jene. Dass jedoch auch in den tiefsten Schichten der Atmosphäre die Erscheinung nicht selten sehr stark auftritt, beweisen Beobachtungen, in welchen kleine Glasscheiben, die von der Sonne beleuchtet werden aus Entfernungen von zwei deutschen Meilen und nahezu in horizontaler Richtung gesehen, sehr stark funkeln. Die Scintillation ist eine Folge der Brechungen, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch eine Menge durch einander fliessender, kalter und warmer Luftströmchen erfahren, wie unter anderen Montigny näher ausgeführt hat[2]). Exner macht auch darauf aufmerksam, dass man am Tage und mit künstlichen Lichtquellen alle Erscheinungen der Scintillation der Sterne beobachten, ja besser als an diesen selbst studieren kann.

20. Klimatologie.

Es ist selbstverständlich, dass an diesem Orte von den Untersuchungen und Bearbeitungen meteorologischer Beobachtungen zur Darstellung der klimatischen Verhältnisse einzelner Städte, wie ganzer Länder, selbst die bedeutendsten nicht alle aufgeführt, geschweige denn gewürdigt werden können, da gerade auf diesem Gebiete der Meteorologie eine ungeheuere Menge von Arbeiten produziert werden. So kann selbst des grossen Unternehmens der internationalen Polarexpeditionen nur dem Namen nach hier gedacht werden. Das gewaltige und wertvolle Zahlenmaterial, welches als Ergebnis dieser systematischen Beobachtungen zu Tage gefördert worden ist, kann nur in den Originalberichten wieder-

---

[1]) Sitzungsberichte d. k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien **97.**
[2]) Exner im Repertorium der Physik **23.**

gegeben werden. Daneben findet es sich in lichtvoller Gruppierung und kritischer Beleuchtung hauptsächlich von der Meisterhand des Professor Hann in den letzten Jahrgängen der Meteorologischen Zeitschrift niedergelegt, wenigstens soweit dies die Beobachtungen der deutschen Expedition (Süd-Georgien, im Kingua-Fjord 66° 36′ nördl. Br., 67° 19′ westl. L. v. Gr., und auf Labrador), der Vereinigten Staaten (Point Barrow, Lady Franklin-Bay), Norwegens (Bossekop-Alten), Frankreichs (Cap-Horn), Dänemarks (Godthaab auf Grönland) und der finnländischen Station in Sodankylae (67° 27′ nördl. Br., 26° 36′ östl. L. v. Gr. in Lappland) betrifft. Eine Behandlung des gesamten, von allen internationalen Polarstationen gelieferten Materials, von allgemeinen Gesichtspunkten aus, kann zudem erst in späterer Zeit gegeben werden, wenn sämtliche Beobachtungen publiziert sind.

An diesem Orte können nur einzelne klimatologische Untersuchungen der letzten Jahre gewürdigt werden, zumal solche, welche aus verschiedenen Gründen spezielles Interesse auch für weitere Kreise in Anspruch nehmen können.

In dieser Hinsicht ist zuerst der meteorologischen Beobachtungen zu gedenken, welche auf dem Sonnblickgipfel angestellt wurden und noch werden. Prof. Hann hat 2½-jährige Aufzeichnungen an jener Hochgebirgsstation diskutiert [1]). Die Seehöhe des Fussbodens vom Sonnblickhause wird von Hann dabei zu 3095 *m* angenommen. Was die Temperaturverhältnisse anbelangt, so war die höchste Wärme 1888: + 10.0° C, die niedrigste am 16. März 1889: — 34° C. „Die äussersten Kältegrade von — 32° bis — 34°, die auf dem Sonnblick zur Beobachtung kamen, sind zugleich die niedrigsten, die man bisher auf einem Alpengipfel oder Pass (Theodul, St. Bernhard, Gotthard) beobachtet hat. Auf dem Theodulpass war im Winter 1865—66 die niedrigste Temperatur bloss — 21.4°, auf dem St. Bernhard im Laufe von 30 Jahren — 7.22°, auf dem Obir — 27.5°, auf dem Säntis (in sechs Jahren) — 22.8°. Dagegen hatte Cilli schon — 30.3°, Tröpolach — 30.3°, Klagenfurt — 30.6° und Tamsweg sogar 36.3°. Die Temperaturextreme von 12 Jahren auf Pickes Peak, in 4300 *m* waren — 38.3° (öfter beobachtet) und 17.8°. Das Charakteristische für die Wärmeverhältnisse der höchsten Alpenregionen ist die Gleichmässigkeit der Kälte und vor allem die niedrige Sonnenwärme. Im Jahre 1888 erhob sich die Mitteltemperatur keines einzigen Monates über den Gefrierpunkt! Auch der heisse Juli 1887 hatte auf dem Sonnblick nur 2.8°, eine Temperatur, die einem warmen Wintermonat in der Niederung an seinem Fusse entspricht. Die höchsten Temperaturen auf dem Sonnblicke waren 9—10°, auf dem Theodulpasse, August 1865 15.1°, Juli 1866 14.8° (der Theodul ist infolge der Passlage

[1]) Zeitschrift des Deutschen und Österr. Alpenvereins **20.** 1889.

wärmer) auf dem Säntis war das Maximum 20.7°. Im Winterhalbjahr 1886—1887 ging das Thermometer am 7. Oktober unter den Nullpunkt und erhob sich erst am 14. Juni 1887 wieder über denselben, blieb also durch 250 Tage unter dem Gefrierpunkte. Im Winterhalbjahr 1887—1888 wurde der Nullpunkt für die Dauer erreicht am 20. September und wurde am 3. Juni für die Dauer wieder überschritten, nachdem schon früher, vom 18. bis 20. Mai, eine kurze Erwärmung eingetreten war Die Dauer der Frostperiode war demnächst 252 Tage, also der des Vorjahres gleich. Im Herbste 1888 trat ständiges Frostwetter ein am 25. September; doch hatte der Oktober zwei kurze Tauperioden, zu Anfang und Ende, seit 1. November hält sich aber das Thermometer ständig unter Null". Die mittlere Jahrestemperatur des Sonnblickgipfels berechnet Prof. Hann zu — 6.6° C. „Sucht man", sagt er, „auf einer Isothermenkarte der Erde die Örtlichkeiten, welche (bei einer Lage nahe dem Meeresniveau) dieselbe mittlere Jahreswärme haben, wie der Sonnblickgipfel, so findet man als solche: das mittlere Spitzbergen, den südlichen Teil von Nowaja Semlja, in Sibirien, Obdorsk (Obmündung) bis Ochotsk, die Beringsstrasse, mittlere Hudsonsbay und das mittlere Grönland. Die normale Januartemperatur des Sonnblickgipfels teilen: wieder das mittlere Spitzbergen, Archangel, Orenburg, Wladiwostock (an der Küste des Amurlandes), das mittlere Kamtschatka. In Nordamerika: die Nordgrenze der Vereinigten Staaten gegen Kanada, das Innere von Ostkanada, Godthaab in Grönland. Eine Julitemperatur von 1° findet man auf der ganzen nördlichen Halbkugel in der Nähe des Meeresniveaus nirgends. Die im Sommer kältesten Gegenden der nördlichen Polarregion: Franz-Josefland, Nordküste des Taimyrlandes in Sibirien, der äusserste Norden Grönlands haben noch eine mittlere Juliwärme von 2°. Das mittlere Spitzbergen, welches im Jahres- und Januarmittel mit dem Sonnblickgipfel übereinstimmt, hat ca. 5° Juliwärme (etwa gleich Säntis und Pikes Peak). Dagegen hat die antarktische Polargegend Sommertemperaturen unter dem Gefrierpunkte. Eines der reichsten Weizenländer der Erde, Manitoba (Westkanada), hat eine Januartemperatur, die 3—4° niedriger ist als die des Sonnblickgipfels (es kommen dort auch Temperaturminima bis unter — 50° C. vor), aber die mittlere Juliwärme erhebt sich dort auf 20° und darüber. Auf den Hochgipfeln der Alpen hält sich die Wärmebewegung des Jahres innerhalb eines geringen Spielraumes. In Zell am See (ca. 750 *m*) unterscheiden sich die Januar- und Julitemperatur noch um 22° C., in Rauris (950 *m*) um 20.8°, in Kolm-Saigurn (1620 *m*) um 17.9°, auf der Schnittenhöhe (1960 *m*) um 16.0° und auf dem Sonnblick nur mehr um 14.1°. Dass auf dem Säntis dieser Unterschied nur 14.1° ist, trotz der um 630 *m* tieferen Lage, beruht darauf, dass derselbe dem Küstenklima Westeuropas näher liegt, während die

Tauern schon ein mehr kontinentales Klima haben. Die Wirkung dieses letzteren zeigt sich am besten bei Pikes Peak, der, obgleich 1200 *m* höher als der Sonnblick, doch einen viel grösseren Spielraum der jährlichen Temperaturänderung hat, nämlich 20.8°. Es ist der Januar kälter, und der Juli wärmer als auf dem Sonnblick. Wenn man annehmen darf, dass die Abnahme der jährlichen Wärmeschwankung auch in noch grösseren Höhen als der Sonnblickgipfel in ähnlicher Weise fortschreitet, und innerhalb mässiger Grenzen ist dies sicherlich gestattet, so würde auf einem Tauerngipfel von ca. 8800 *m* Höhe (d. i. die Höhe des Gaurisankar, des höchsten Berges der Erde) die Temperatur das ganze Jahr hindurch konstant bleiben".

Bezüglich der Frage nach der Wärmeabnahme mit der Höhe bietet der Sonnblickgipfel und Kolm-Saigurn nach Prof. Hann's Meinung die beste zur Zeit überhaupt vorhandene Gelegenheit zur Beantwortung. Die Temperaturänderung mit der Höhe ist, wie man weiss, nach den Tageszeiten verschieden, am raschesten in den wärmsten Nachmittagsstunden und am langsamsten in den Nachtstunden. Die drei täglichen Beobachtungen in Kolm-Saigurn und auf dem Sonnblicke liefern für diese tägliche Änderung der Wärmeabnahme mit der Höhe die folgenden Werte:

Temperaturabnahme mit der Höhe für je 100 *m*

	7 Uhr morgens	2 Uhr nachmittags	9 Uhr abends
Winter	0.53°	0.66°	0.57°
Frühling	0.66	0.85	0.65
Sommer	0.77	0.89	0.68
Herbst	0.52	0.70	0.54
Jahr	0 62	0.77	0.61

Als Jahresmittel ergiebt sich (wenn der Beobachtung um 9 Uhr abends das doppelte Gewicht beigelegt wird) 0.65° pro 100 *m*.

„Der Bewohner des Sonnblickhauses lebt unter einem Luftdruck, der nur mehr $^2/_3$ des normalen Barometerstandes am Meeresniveau beträgt und ca. 200 *mm* niedriger ist als jener zu Salzburg, Ischl oder Klagenfurt. Es scheint nicht, dass dies einen erheblichen Einfluss auf seinen Gesundheitszustand hat. Der Beobachter auf Pikes Peak atmete eine noch stärker verdünnte Luft, denn der Luftdruck betrug daselbst kaum noch 0.6 des Druckes am Meeresniveau. Die höchsten bewohnten Orte auf den Plateauländern der Erde sind das buddhistische Kloster Hánle in Tibet in 4610 *m* (unter 32° 48′ nördl. Br.) Höhe, wo der Barometerstand ca. 433 *mm* beträgt, und das Dorf St. Vincente in Peru in 4580 *m* mit einem mittleren Barometerstande von 436 *mm*. Das ist ein ca. 100 *mm* geringerer Luftdruck als auf dem Sonnblicke und nur mehr 57% des normalen Luftdruckes. So anpassungsfähig ist der menschliche Organismus. Die Haupteigentümlichkeit des jährlichen Ganges des Barometers auf höheren Punkten der gemässigten oder kalten Zone ist der niedrige

Barometerstand im Winter und der hohe Barometerstand im Sommer. Die Ursache davon liegt einfach in der Zusammenziehung der Luft durch die Kälte im Winter und deren Ausdehnung durch die Wärme im Sommer. Je höher die Station liegt, desto stärker tritt natürlich dieser Einfluss hervor, ferner hängt derselbe auch von der Grösse der jährlichen Wärmeänderung der Luftsäule ab. So hält sich auf dem Säntis das Barometer im Juli um 5.0 *mm* über das Jahresmittel, auf dem Sonnblicke um 5.4 *mm*, auf Pikes Peak um 8.2 *mm*. Da der Luftdruck aus allgemeinen Ursachen im Sommer am Fusse der Tauern stärker sinkt als am Fusse des Säntis, so macht sich der Einfluss der grösseren Seehöhe auf dem Sonnblicke nicht so stark fühlbar, als es seiner Höhe entsprechen würde. In den Änderungen des Barometers auf Berggipfeln hat man daher meist die vereinigte Wirkung zweier Ursachen vor sich, jene einer allgemeinen Druckänderung, die sich auch unten bemerkbar macht, und jene einer gleichzeitigen Temperaturänderung der Luft. Man darf sich daher nicht wundern, wenn das Barometer auf höheren Punkten ganz andere Variationen zeigt, als sie gleichzeitig in den Thälern beobachtet werden. Wenn die Temperatur z. B. stark sinkt muss das Barometer oben fallen, auch wenn es in den Thälern konstant geblieben ist".

Bezüglich des Sonnenscheines liegen 2-jährige Registrierungen vor, welche interessante Resultate ergaben. „Im Winter hat man zwischen 11 Uhr vormittags die grösste Wahrscheinlichkeit, den Sonnblickgipfel frei von Wolken zu finden und also auch freie Aussicht zu haben, im Frühlinge tritt diese Zeit früher ein, und zwar zwischen 9 und 11 Uhr vormittags, im Sommer aber noch viel früher, zwischen 7 und 8 Uhr. Die Tageszeit vor 9 Uhr ist die günstigste für eine freie Aussicht, von da ab nimmt die Bewölkung und Nebelbildung um den Gipfel rasch zu. Wenn wir sagen, die Tageszeit vor 9 Uhr überhaupt, so liegt der Grund darin, dass die geringere Frequenz des Sonnenscheines vor 7 Uhr noch nicht besagt, dass deshalb der Gipfel auch häufiger in Wolken steckt. Wenn die Sonne tief steht, so ist, bei gleicher allgemeiner Himmelsbedeckung, die Wahrscheinlichkeit, dass dieselbe von Wolken bedeckt ist, eine viel grössere, als wenn sie höher steht, weil sich die Wolken naturgemäss gegen den Horizont hin zu verdichten scheinen. Die auf- oder untergehende Sonne kann bei fast ganz reinem Himmel häufig längere Zeit unter den Wolken bleiben. Es gehen also Grade der Bewölkung und Sonnenschein nicht ganz parallel für Zeiten verschiedener Sonnenhöhe. Die Wahrscheinlichkeit des Sonnenscheines ist um die gleichen Nachmittagsstunden im Sommer bedeutend geringer als im Winter; trotz des viel längeren Tages scheint die Sonne nach 12 Uhr mittags im Sommer nicht länger als im Winter. Die grösste überhaupt zu irgend einer Tageszeit vorkommende Häufig-

keit des Sonnenscheines hat die Stunde 11 Uhr bis Mittag im Winter. Das ganze Jahr hindurch scheint die Sonne vormittags häufiger als nachmittags, am grössten ist der Unterschied zwischen Vor- und Nachmittag im Sommer. In der Niederung (Kremsmünster) ist der tägliche Gang des Sonnenscheines der entgegengesetzte, hier haben die Nachmittagsstunden den meisten Sonnenschein, und die Zeit der grössten Frequenz des Sonnenscheines verspätet sich im Sommer etwas. Über den Niederungen löst die Nachmittagssonne die Wolken auf, an den Bergen verdichtet sie dieselben. Nehmen wir die drei sich folgenden Stunden mit dem häufigsten Sonnenschein zusammen, so erhalten wir folgende Übersicht:

Gesamte Dauer des Sonnenscheines während drei Stunden

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
		Sonnblickgipfel		
Zeit . .	10—1h	8—11h	7—10h	9h—Mittag
Dauer . .	45.1	35.7	41.6	40.6 Stunden
		Kremsmünster		
Zeit . .	Mitt.—3h	Mitt 1—4h	Mitt.—3h	Mitt.—3h
Dauer . .	30.0	50.4	61.1	40.5 Stunden

Im Herbst und Winter erfreut sich der Sonnblickgipfel einer viel längeren Dauer des Sonnenscheines als Kremsmünster und die Niederung überhaupt. Dagegen ist der Frühling die Zeit des am meisten getrübten Sonnenscheines. Diese Jahreszeit ist für die Hochregionen fast in jeder Hinsicht die schlechteste, das Gegenstück des (relativ) so schönen Herbstes".

Unter den meteorologischen Hochstationen nimmt der Pikes Peak in Kolorado, Nordamerika, eine hervorragende Stelle ein, nicht nur weil er die höchste Station der Erde ist (14134 Fuss über dem Meere), sondern auch weil die dort angestellten Beobachtungen den langen Zeitraum vom Januar 1874 bis September 1888 umfassen. Dieselben haben nun eine Bearbeitung durch A. K. Greely erfahren [1]), durch welche sie der wissenschaftlichen Welt endlich zugänglich gemacht worden sind. Zunächst ergiebt sich eine überraschende Ähnlichkeit im Verlauf der Jahreskurven des Luftdruckes und der Temperatur, beide haben ihr Maximum im Juli und ihr Minimum im Januar. Dabei sind nicht nur die positiven und negativen Schwankungen von Monat zu Monat für beide Elemente die gleichen, sondern sie zeigen auch ein ganz bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis von einander, indem der mittlere monatliche Druck um 0.016 Zoll steigt oder fällt bei jeder Änderung der mittleren Monatstemperatur um 1° F.

Eine ähnliche Beziehung zwischen dem mittleren monatlichen Druck und der mittleren Temperatur zeigen die Beobachtungen auf dem 6279 Fuss hohen Mount Washington in New-Hampshire, aber die Jahreskurven für Druck und Temperatur sind hier nicht

[1]) Annales of the astr. Obs. of Harvard College. **22.**

so regelmässig wie in Pikes Peak. Denn das Druckmaximum verschiebt sich bis zum August, und das Minimum dauert fort im Januar, Februar und März. In den Felsengebirgen hingegen lassen alle Stationen über 4000 Fuss ein Druckminimum im Januar und ein Maximum im Juli oder August erkennen, während in den tiefer gelegenen Stationen Nordamerikas die Maxima auf Januar, die Minima auf Juli fallen.

Die mittlere Temperatur auf Pikes Peak ist — 7° C., mit einer Schwankung der mittleren Jahrestemperatur von 1.7° C. Die höchste Temperatur war 17.8° C. am 19. Juli 1879, die niedrigste — 39.7° C. am 21. Dezember 1887. Die tägliche Temperaturschwankung, aus 10-jährigen selbstregistrierenden Beobachtungen abgeleitet, zeigt die grösste Schwankung im Juli und September, die kleinste im Dezember. Ähnlich verhalten sich die benachbarten, niedriger gelegenen Stationen, welche gleichfalls die grösste Tagesschwankung im Sommer haben; während auf dem Mount Washington das Maximum der Tagesschwankung auf den Januar fällt und das Minimum auf den Juli.

Der Niederschlag zeigt auf Pikes Peak Eigentümlichkeiten in seiner Verteilung durch das Jahr: er steigt von einem Hauptminimum im Februar zu einem sekundären Maximum im April, dann zeigt sich ein sekundäres Minimum im Juni, dem unmittelbar das Hauptmaximum im Juli folgt. Die Niederschlagsmenge ist im Sommer wesentlich dieselbe, wie im Frühlinge (35 % und 33 %), während der Rest sich gleichmässig auf Winter und Herbst verteilt. Sehr auffallend ist das Juni-Minimum, aber es scheint zweifellos, da auch in den benachbarten, tieferen Stationen, Kolorado Springs am Fusse und Denver im Abstand von 80 engl. Meilen, ähnliche Regenverhältnisse beobachtet sind.

Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit zeigt in der Regel eine langsame Abnahme vom Januar (26.6 engl. Meilen) zum Juli (12.5) und August (12.3). Die Kurve der mittleren Windgeschwindigkeit ist im wesentlichen der Kurve der mittleren Temperatur entgegengesetzt, d h. die höchste mittlere monatliche Geschwindigkeit fällt zusammen mit der niedrigsten mittleren Monatstemperatur, und die kleinste mittlere Geschwindigkeit mit den höchsten mittleren Temperatur. Die durchschnittliche stündliche Windgeschwindigkeit nimmt vom Maximum (3.22 engl. Meilen) zwischen 2—4^h vormittags allmählich ab bis zum Minimum (17.5 engl. Meilen) zwischen 11^h vormittags und mittags; auf dieselbe Stunde fällt das Minimum der stündlichen Windgeschwindigkeit in jedem Monate des Jahres, während das Maximum unregelmässiger zwischen 1^h und 4^h vormittags auftritt.

Die Windrichtung ändert sich in den verschiedenen Monaten des Jahres nur wenig; vom März bis zum Oktober bilden Südwestwinde die prozentische Mehrzahl, und in der Zeit vom November bis Februar herrschen Westwinde vor.

Starke Stürme sind auf Pikes Peak ungewöhnlich, und die Tage mit stündlichen Geschwindigkeiten von mehr als 50 engl. Meilen in der Stunde verhältnissmässig selten. An exponierten Punkten der pazifischen und atlantischen Küste trifft man grössere Geschwindigkeiten häufig. Auf dem Mount Washington findet man stärkere Winde nicht bloss für kurze Zeiten, sondern Tage und Monate lang.

Die mittlere jährliche Bewölkung auf Pikes Peak ist 40%, sie schwankt zwischen 33% im November und 74% im Juli. Es herrscht eine Neigung zu stärkerer Bewölkung im Spätfrühjahr und Spätsommer, während die kleinsten Werte von September bis Januar auftreten. Auf dem Mount Washington ist die Bewölkung viel grösser, durchschnittlich 57% pro Jahr; die Schwankung ist jedoch kleiner zwischen 52% im September und 61% im März; die Verteilung über das Jahr ist unregelmässig.

Der Einfluss des Waldes auf das Klima wird in Schweden seit einer Reihe von Jahren durch systematische Beobachtungen an Stationen im Walde, in Lichtungen und auf ausgedehnten waldlosen Gebieten studiert. Bezüglich der Temperatur hat die Diskussion der Beobachtungen durch Hamberg schon früher ergeben [1], dass der Wald in Schweden auf grössere Entfernungen keinen wahrnehmbaren Einfluss ausübt, dass aber die unmittelbare Nachbarschaft des Waldes die Bodenwärme während klarer Nächte herabdrückt und dadurch Rauchfröste begünstigt, eine Abnahme der Wälder werde bezüglich der Temperatur der schwedischen Landwirtschaft keinen Schaden bringen. In einer neuen Arbeit untersucht Hamberg den Einfluss der Wälder auf die atmosphärische Feuchtigkeit [2] und kommt auch in dieser Beziehung zu dem Ergebnisse, dass gar keine oder höchst nur eine ganz unbedeutende Einwirkung anzunehmen ist. Würden die Wälder Schwedens niedergeschlagen, so könnte die Feuchtigkeit der unteren Luftschichten im ganzen kaum eine der Pflanzenwelt nachteilige Änderung erfahren, vorausgesetzt, dass sich die Verteilung der Niederschläge dadurch nicht ändert, was freilich einer besonderen Untersuchung bedürfte. Dr. Grossmann macht indessen darauf aufmerksam, dass ein Umstand bei allen diesen Untersuchungen nicht in Rechnung gezogen worden sei, nämlich der Grundwasserstand in seinen jährlichen Schwankungen und seinem durchschnittlich jährlichen Werte. „Solange“, sagt er sehr treffend, „der Nachweis nicht geliefert wird, dass dieser vom Wald unabhängig ist, kann über den Einfluss des Waldes, wenigstens auf die Pflanzenwelt, nichts geschlossen werden. Vielleicht liefern die Erfahrungen, die bei der Aufforstung der

---

[1]) Revue der Naturwissenschaften. **16.** p. 450.

[2]) De l'influence des forêts sur le climat de la Suède III: Humidité de l'air. Stockholm 1889. Ausführliches Referat in der meteorologischen Zeitschrift 1890. p. [25].

Lüneburger Haide gemacht werden, im nächsten Jahrhundert brauchbares Material zur Beantwortung dieser Frage, wie auch einen sicheren Anhalt für die Beurteilung des Einflusses auf die Niederschläge. Möglicherweise würden Grundwasserbeobachtungen an den schwedischen Parallelstationen bereits zu interessanten und sprechenderen Aufschlüssen führen als die so mühsame Untersuchung der Luftfeuchtigkeit es nach allem vermocht hat".

Der Waldeinfluss auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur ist von Prof. Müttrich einer umfassenden Untersuchung unterzogen worden, und zwar auf Grund mehrjähriger Beobachtungen an den forstlichen Versuchsanstalten Deutschlands [1]). Es ergaben sich folgende Resultate:

Die Grösse der täglichen Temperaturschwankungen nimmt auf freiem Felde auf allen Stationen in den ersten Monaten des Jahres langsam, dann rascher zu und erreicht meist im Juni, weniger oft im Mai ihr Maximum. Die Abnahme erfolgt darauf zuerst langsam bis gegen den September, dann rascher bis zum November und erhält schliesslich im Dezember ihr Minimum. Der Unterschied zwischen der grössten täglichen Temperaturschwankung am Ausgange des Frühjahrs und der kleinsten am Jahresschlusse hängt davon ab, welchem allgemeinen Klima die Station angehört.

Die täglichen Temperaturschwankungen im Walde nehmen ebenfalls vom Winter zum Sommer zu und dann wieder zum Winter ab, sind aber in allen Monaten und bei allen Bestandesarten kleiner als die im Freien. Ihr Gang ist im Laufe des Jahres verschieden, je nach der Art des Bestandes.

Der Einfluss des Waldes auf die tägliche Temperaturschwankung in den Winter- und ersten Frühlingsmonaten ist absolut am kleinsten im Buchenwalde (ca. 0.8⁰), etwas grösser im Kiefernwalde (ca. 1.2⁰) und am grössten im Fichtenwalde (ca. 2.3⁰). Anders verhält es sich im Sommer und ersten Herbstmonate, wo der Einfluss des Waldes am grössten im Buchenwalde (ca. 4.1⁰), kleiner im Fichtenwalde (ca. 3.7⁰) und noch kleiner im Kiefernwalde (ca. 2.8⁰) ist.

Der Einfluss des Waldes auf die Maxima- und die Minimatemperaturen besteht darin, dass die ersteren erniedrigt und die letzteren erhöht werden. Dabei ist der Einfluss, den der Wald auf die Maximatemperaturen ausübt, auf allen Stationen in den meisten Monaten grösser als der auf die Minimatemperaturen.

Der Einfluss der Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter ist ein eminent wichtiger, allein erst in jüngster Zeit wird die regelmässige Beobachtung der Schneebedeckung (zuerst und vor allem im meteorologischen Netze des Königsreichs Bayern) ausgeführt. A. Woeikof hat dagegen schon vor vielen Jahren

[1]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1890. 7. Heft.

auf die Wichtigkeit derselben als meteorologischen Faktor aufmerksam gemacht und die Ergebnisse seiner Forschungen in einer unter dem obigen Titel erschienenen Schrift veröffentlicht [1]). Als Ergebnis derselben kommt er zu folgenden Sätzen:

„Der Schnee als schlechter Wärmeleiter schützt den Boden vor Abkühlung während der ganzen Zeit, während welcher die Temperatur der Luft und der Oberfläche des Schnees unter 0° ist".

„Dieser Einfluss ist bei gleich tiefer Schneelage um so grösser, je lockerer der Schnee liegt. Er ist erheblich kleiner bei mit Wasser durchtränktem und firnartigem Schnee und wächst mit der Mächtigkeit der Schneedecke".

„Bei Temperaturen über 0° ist der Einfluss entgegengesetzt, also dann abkühlend. Dieser abkühlende Einfluss dauert auch nach der Schneeschmelze fort, weil der Boden mit Wasser von 0° erfüllt ist, welches sich nur langsam erwärmt".

„Im ganzen mindert also der Schnee die Schwankungen der Temperatur des Bodens".

„Die erwärmende Wirkung einer Schneelage ist jedoch grösser als deren abkühlende Wirkung, und zwar umsomehr, je länger die Schneebedeckung bei Temperaturen unter 0° dauert, so dass bei einer Schneebedeckung von 50 *cm* Tiefe und über sechs Monate Dauer wahrscheinlich schon in 1 *m* Tiefe die Temperatur des kältesten Monates nicht tiefer ist als die Jahrestemperatur an der Oberfläche des Festen (Schnee und Eis als Festes inbegriffen) und in der untersten Luftschicht".

„Der auf dem Boden und Eis liegende Schnee mildert die Abkühlung des Festen und der Gewässer höherer Breiten sehr erheblich". Dieser schützende Einfluss des Schnees erklärt es, warum sich beständig gefrorener Boden nur bei einer mittleren Jahrestemperatur der Luft bedeutend unter 0° findet. Er bringt es gleichsam mit sich, dass „ein und derselbe Punkt im Erdreiche im Winter zu einer grösseren Tiefe unter der Oberfläche der Erde gehört als im Sommer". Ohne Schnee hätten wir in hohen Breiten gefrorenen Boden bis auf einige hundert Meter Tiefe hinab.

„Die Temperatur an der Oberfläche des schneefreien Bodens ist höher als diejenige an der Oberfläche des Schnees".

„Da die Temperatur der unteren Luftschicht in einer sehr grossen Abhängigkeit von der Temperatur der (flüssigen oder festen) Unterlage steht, so muss dieselbe unter sonst gleichen Verhältnissen über einer Schneelage tiefer sein, als wenn kein Schnee liegt".

„Die niedrigen Temperaturen, welche in Gegenden ohne gewöhnliche Schneebedeckung vorkommen, wie in den Ebenen von Turan und auf den Plateaus von Hochasien, können durch folgende Ursachen erklärt werden: a. Es fällt auch dort zuweilen Schnee, und ihm folgt dann in der Regel strenge Kälte durch

[1]) Penck's geograph. Abhandlungen. **3.** Heft 3. Wien 1889.

Ausstrahlung. Sie ist sehr intensiv, weil die Bewölkung klein, und die Luft diatherman ist. b. Namentlich in Hochasien sind die Winde stark, die Luft trocken; so trocknet auch der Boden bis auf eine bedeutende Tiefe und wird ein schlechter Wärmeleiter. Seine Oberfläche, namentlich wenn sandig, kühlt sich dann rasch ab. c. Niedrige Temperaturen werden oft auch durch Winde aus schneebedeckten Gegenden gebracht, namentlich in die Ebenen von Turan aus Westsibirien".

„Da die Abkühlung der Oberfläche des Schnees im Vergleiche zum schneefreien Boden an klaren Tagen grösser ist als an bedeckten, müssen dieselben Verhältnisse auch für die untere Luftschicht gelten".

„Wenn Schnee den Boden bedeckt, ist gewöhnlich eine sogenannte Umkehrung der Temperatur vorhanden, d. h. die unterste Luftschicht ist kälter als die etwas höhere, und zwar auch in der Mitte des Tages; besonders ist dies an klaren und windstillen Tagen der Fall. Die „Umkehrung" der Temperatur zwischen Thälern und benachbarten Höhen, d. h. die niedrige Temperatur der ersteren, kommt auch am häufigsten vor bei einer Schneelage".

„Die rauhe Oberfläche des Schnees und die darüber lagernde kalte Luft mindern die Windstärke".

„Die kältere Luft ist der Bildung und dem Beharren von Anticyklonen über einer Schneelage günstig".

„Die oft so furchtbaren Burane (Kriwitz, Purga, Schneestürme) sind bei weitem nicht immer von einem so starken Winde begleitet, dass er Beschädigungen an Gebäuden, Bäumen etc. bewirken könnte. Die schädliche Wirkung hängt von dem Schneetreiben ab, welches Menschen und Vieh ihrer Sinne beraubt".

„Wegen der Verdunstung des Schnees ist die relative Feuchtigkeit über einer Schneelage grösser als ohne dieselbe".

„Die Verdunstung von Schnee wird dadurch gemildert, dass seine Oberfläche gewöhnlich kälter ist als die Luft".

„Die Unfähigkeit des Schnees, sich über 0^0 zu erwärmen, hat einen grossen Einfluss auf die Lufttemperatur; daher sind die Tauwetter im Winter über einer ausgedehnten Schneelage kurz, die Temperatur erhebt sich wenig über 0^0 und nur, solange ein warmer Wind dauert. Bei Abflauen des Windes und Aufklären des Himmels sinkt die Temperatur rasch unter 0^0. Im Frühlinge (in niedrigen Breiten auch im Winter) kommen jedoch bei Windstille und hellem Sonnenscheine Lufttemperaturen über 0^0 vor, solange noch Schnee liegt. In diesem Falle ist die Luft also wärmer als die Oberfläche des Schnees. Solange kein Schnee liegt, ist bekanntlich bei hellem Sonnenscheine die Oberfläche immer bedeutend wärmer als die Luft. Die oben erwähnte Erscheinung ist immer nur von kurzer Dauer und hat keinen sehr grossen Einfluss auf die mittlere Temperatur der Luft. Der

Schnee taut nicht oder fast nicht unter dem Einflusse der direkten Sonnenstrahlen, solange die Lufttemperatur unter 0° ist. Daher fängt die Schneeschmelze im grossen nur dann an, wenn eine Masse warmer Luft von schneefreiem Lande oder eisfreiem Meere die Lufttemperatur über 0° erhoben hat. Auf der nördlichen Halbkugel sehen wir also ein schrittweises Vorrücken der Schneeschmelze von Süd nach Nord und von West nach Ost, weil die Meere im Osten der beiden Kontinente kalt sind. Ohne Einfluss warmer Luft bleibt die Lufttemperatur unter 0° selbst an sonnigen Tagen des Mai und Juni in höheren Breiten bei nicht untergehender Sonne (z. B. Sagastyr, Pidleka, Nowaja-Semlja etc.). Auf der nördlichen Halbkugel sind bis in die höchsten Breiten im Sommer eisfreies Wasser und schneefreies Land einander so nahe, dass überall im Juni ein genügender Zufluss warmer Luft vorhanden ist, um die Schneeschmelze im grossen einzuleiten. Daher schmilzt auch der Schnee auf den Ebenen und an der Meeresküste während des Sommers, und die Temperatur eines oder zweier Monate ist über 0°. Dass die Erscheinung nicht überall die Regel ist, zeigen die höheren Breiten der südlichen Halbkugel, wo südlich vom 68° S auch im Hochsommer die Mitteltemperatur unter 0°, unter 78° S, sogar unter —4° ist; hier hat die warme Luft eine Entfernung von 1000 *km* über eine unter 0° abgekühlte Wasseroberfläche zurückzulegen, kühlt sich dabei erheblich ab und kann auf dem Südpolarkontinente daher keine Schneeschmelze bewirken".

„Die Schneeschmelze hat einen sehr grossen Einfluss auf die Flüsse; von ihr hängt das grosse und regelmässige Hochwasser der Flüsse des europäischen Russland und Westsibiriens ab. Die Wasserhöhe der kleineren Flüsse und Bäche im Frühlinge hängt nicht allein von der Masse des auf dem Boden liegenden Schnees ab, sondern auch von seinem mehr oder weniger raschen Schmelzen und von dem Umstande, ob der Boden auf eine grössere Tiefe gefroren ist oder nicht. In ersterem Falle ist er für Wasser undurchdringlich, und letzteres erreicht die Flüsse rasch. Ist aber tiefer Schnee auf nicht gefrorenen Boden gefallen, so dringt bei der Schneeschmelze sehr viel Wasser in den Boden, wie im Frühlinge 1888 in Zentral-Russland. Der Schnee schmilzt im Walde, besonders im Nadelwalde, später als auf dem Felde. Daher erleben hier und da kleine Flüsse zwei Hochwasser, die um 14 Tage auseinander liegen".

Die Schneeschmelze verzögert das Steigen der Temperatur im Frühlinge, und zwar um so mehr, je mehr Schnee zu schmelzen ist. April und Mai sind aus diesem Grunde in den kontinentalen Gegenden der Nordhemisphäre mit Schneedecke kälter als Oktober und September. Der Schneeschmelze wegen folgt in Russland ein kalter Frühling nicht auf einen kalten, sondern auf einen schneereichen Winter, und ein warmer Frühling auf einen schnee-

armen. Beispiele sind der schneearme Winter 1847—1848 und der schneereiche 1866—1867.

„Die Lufttemperatur auf isolierten Bergen hängt weit weniger von derjenigen der Oberfläche ab, als in Thälern und Ebenen, daher ist eine Schneelage in diesem Falle von relativ geringem Einflusse. Eine Schneelage auf Bergkämmen kühlt die Luft im Frühlinge und Sommer bedeutend ab, so dass häufig ein labiles Gleichgewicht der Luftschichten in vertikaler Richtung entsteht“.

„Die Gebirgsflüsse, welche durch die Schmelze der Gletscher und Firne gespeist werden, haben auch in trockenen Jahren oft viel Wasser, weil dann mehr Firnschnee abschmilzt, als fällt. Jahre besonders ergiebigen Schneefalles in der Firnregion sind nicht immer durch grosse Wasserfälle der Flüsse begleitet, weil dann die Schneemasse der Firne erheblich zunimmt“.

„Der Schnee, welcher in den Gebirgen fällt, hat einen erheblichen Einfluss auf das nachfolgende Wetter der Thäler und Ebenen am Fusse der Gebirge, und zwar nicht nur auf die Temperatur, sondern auch auf den Luftdruck und den Niederschlag (Regen). Dies ist für das nördliche Indien (durch Blanford) bewiesen und hat sich für die Vorherbestimmung des Wetters sehr wichtig erwiesen“.

„Der Einfluss einer Schneelage auf den Luftdruck, die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wächst jedenfalls, wenn die mit Schnee bedeckte Gegend ausgedehnt ist. Daher sind in der Mitte ausgedehnter schneebedeckter Gebiete häufigere Anticyklonen und eine niedrigere Temperatur zu erwarten als an deren Rändern“.

Die Frage, ob unser heutiges Klima im grossen und ganzen unveränderlich sei, ist früher kurzweg dahin beantwortet worden, dass kein Grund vorliege, an einer solchen Konstanz während der geschichtlichen Zeit im allgemeinen zu zweifeln. Später haben einige Forscher abweichende Ansichten geäussert, so 1882 Whitney, der einen langsamen Austrocknungsprozess der Erde behauptete, im allgemeinen gilt aber die Konstanz des Klimas stillschweigend als Thatsache.

Klimatische Änderungen der Mittelmeerländer in historischer Zeit sind manchmal behauptet worden, allein Partsch führt aus[1]), dass alle zu Gunsten dieser Behauptung vorgebrachten Argumente vor einer strengen Kritik nicht standhalten. So lückenhaft immer die Angaben der alten Schriftsteller über die Häufigkeit und Verteilung der Niederschläge in Italien, Griechenland, Palästina und Egypten sein mögen, so entsprechen sie doch im allgemeinen den Erfahrungen der Neuzeit. Partsch weist nach, dass der abflusslose Tritonsee (Schott el Djerid) zur Römerzeit denselben Umfang und Stand hatte wie heute. Die alten Städte Thusuros

[1]) Verhandlgn. d. 8. deutsch Geographentages zu Berlin 1889 p. 116.

und Nepta sind bereits im Becken selbst angelegt. Heute ist sieben Monate lang kein oberflächlicher Wasserspiegel im Schott vorhanden, sondern nur eine Wasseransammlung unter der starken, vielfach überschreitbaren Salzkruste der Beckenmitte. Das war auch im Altertume keineswegs anders. Denn es gingen zur Kaiserzeit Strassen quer durch das Becken vom Westufer zum Ostufer. Ja noch mehr, mitten im Salzsee, in der Nähe des tiefsten Punktes des Beckens, wiesen Tissot und Duveyrier den römischen Brunnen Bir Mensof nach, der auch heute noch benutzt wird. Da seine Plattform nur 2—3 Fuss über dem Niveau der Umgebung liegt, so hatte seine Errichtung durch die Römer nur dann Sinn, wenn der Salzsee auch im Altertume in der Regel trocken lag, wie dieses heute der Fall ist. Diese Thatsache spricht mit aller Entschiedenheit dafür, dass die Niederschlagsverhältnisse Tunesiens seit dem Altertume keine Änderung erfahren haben.

Begründete Zweifel konnten erst auftauchen, als die Untersuchungen der Alpengletscher deren Schwankungen in langen Perioden erkennen liessen und damit eine ebensolche Periodizität kühler, feuchter und warmer, trockener Zeiten andeuteten.

Brückner wies dann[1]), gestützt auf hydrographische Untersuchungen, analoge Schwankungen der Witterung nach. Es ergab sich, dass die gleichen Schwankungen des Regenfalles, die Lang für die Alpen nachgewiesen hatte, auch in dem gewaltigen Einzugsbecken des Kaspischen Meeres wiederkehrten. Ja noch mehr, das Gebiet der Ostsee und des Schwarzen Meeres unterliegt denselben, und die eigentümlichen, langdauernden Änderungen des Niveaus, welche an diesen Meeren auftreten, sind zum Teil nur eine Folge der mit jenen Anderungen des Regenfalles variierenden Wasserzufuhr durch die Flüsse. In den gemittelten Wasserständen der Weichsel, der Oder, der Elbe, der Weser, des Rheins, der Donau, selbst der Seine, überall spiegeln sich die Schwankungen des Regenfalles in den gleichen langen Zeiträumen deutlich ab. Kurz, in ganz Europa kehren diese säkularen Schwankungen der Witterung wieder, und die probeweise Zusammenstellung einiger meteorologischer und hydrographischer Daten lehrte, dass mehr oder minder alle Länder der Nordhemisphäre an ihnen Teil nehmen; ihre Allgemeinheit wie ihre Dauer geben das Recht, sie als Klimaschwankungen zu bezeichnen. Sieger hat dann auf Grund der Untersuchung der Schwankungen zahlreicher Seen diese Resultate zum grossen Teile bestätigt. Seitdem vermochte Prof. Brückner das einschlägige Material zu häufen und die Untersuchung auch auf die Südhemisphäre auszudehnen.

Später zeigte Brückner[2]), dass mehr oder minder alle Länder

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1888. Februarheft.
[2]) Gaea 1890. p. 95.

der Erde gleichzeitig eine regenreiche Periode und gleichzeitig eine Trockenperiode erleben. Im laufenden Jahrhunderte gruppieren sich die Maxima des Regenfalles um die Jahre 1815, 1850 und 1880, die Minima um die Jahre 1830 und 1860.

„Freilich fallen die Epochen nicht absolut gleich; so trifft das Minimum des Regenfalles bei einigen Gebieten auf 1856—1860, bei anderen auf 1861—1865, in einem Fall sogar verspätet auf 1866—1870, und analog wechselt auch etwas die Lage des Maximums. Bei keinem der hier aufgeführten Fälle aber koinzidiert ein Minimum mit einem Maximum. Kein Minimum fällt auf die Jahre 1841—1855 und 1871—1885, und kein Maximum auf die Jahre 1825—1840 und 1856—1870. Es entspricht also nicht einem Zuviel des Regenfalles in e i n e m Gebiete ein Zuwenig in einem anderen; eine Kompensation findet auf den hier vertretenen Landmassen der Erde nicht statt. Die geringen Abweichungen von der Mittellage der Epochen sind dazu regellos und meist auf kleinere Gebiete beschränkt. Das kann aber auch gar nicht anders sein. Wie trotz der deutlich ausgesprochenen Jahresperiode eines meteorologischen Elementes, etwa der Temperatur, doch dessen Maximum je nach der momentanen Witterung etwas früher oder später im Laufe des Jahres eintritt, so auch hier.

Auch die relative Intensität der Maxima und Minima ist nicht überall gleich: in Australien ist das Maximum um 1850 stärker ausgeprägt als dasjenige der siebziger Jahre; bei einer Reihe von Gebieten sind beide Maxima gleich intensiv, während in der Mehrzahl der Fälle das Maximum um 1880 grösser ist als dasjenige um 1850.

Doch giebt es immerhin einige Gebiete, welche direkt als Ausnahmen von der Regel erscheinen. Da ist Unteritalien und Sicilien, sowie Südspanien, da ist das untere Indus- und Gangesthal, da sind ferner die östlichen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, deren Regenfall ein Maximum in den sechziger Jahren aufweist, also in jener Zeit, welche in den übrigen Ländern durch Regenarmut ausgezeichnet ist. Analog scheint es sich mit Island zu verhalten. Ebenso bildet Schottland durch seine zum Teil äusserst verschwommenen Schwankungen eine Ausnahme, während England sich der Regel fügt. Diese Ausnahmegebiete sind jedoch, soweit der heutige Stand der meteorologischen und hydrographischen Beobachtungen dieselben zu überblicken gestattet, sehr unbedeutend gegenüber dem Gros der Landmassen, die an den Schwankungen teilnehmen.

Noch ein anderes Gesetz tritt klar und deutlich hervor: es ist die Verschärfung der Schwankung beim Vordringen in das Innere der Kontinentalmassen. In Schottland ist die Schwankung verwischt. In Deutschland ist sie deutlich, und es verhält sich die Regenmenge des trockensten Lustrums um 1860 zu derjenigen des regenreichsten Lustrums um 1880 wie 1:1.09, im östlichen

europäischen Russland wie 1:1.24 und in Westsibirien gar wie 1:2.26. Mehr als zweimal soviel Regen fiel hier in den feuchten 5 Jahren 1881—1885 als in den trockenen 1861—1865. In Ostsibirien sinkt das Verhältnis wieder auf 1:1.36 herab. Nicht erwehren kann man sich angesichts dieser Thatsache, besonders wenn man die Lage einiger der oben genannten Ausnahmegebiete an den Gestaden des Atlantischen Ozeans gleichzeitig ins Auge fasst, als sei der geschilderte Rhythmus der Schwankung des Regenfalles ein kontinentaler, und als könnte vielleicht die auf den Landflächen vergeblich gesuchte Kompensation auf Teilen des Ozeans stattfinden.

Der Regenfall ist nicht das einzige meteorologische Element, das rhythmische Schwankungen dieser Art aufweist. Es gelang, ganz entsprechende für die Temperatur darzuthun, und zwar war der Nachweis ein doppelter: er basierte einerseits auf der Diskussion der Register über die Dauer der winterlichen Eisdecke auf den Flüssen, andererseits auf den direkten Temperaturbeobachtungen."

Brückner findet, dass um die Jahre 1880, 1851—1855, 1816—1820, 1766—1770, 1741—1745, 1696—1700 und 1671—1675 kühle und feuchte Perioden, um die Jahre 1861—1865, 1820—1830, 1786—1790, 1756—1760, 1726—1730 und 1681—1685 warme und trockene fallen. Die Zeiträume von Maximum zu Maximum sind dabei nicht vollkommen gleich; die Klimaschwankungen vollziehen sich also in keiner strengen Periode von bestimmter Länge, und wenn wir, sagt Brückner, ihre Länge auf 36—37 Jahre angeben, so ist das nur ein Mittelwert.

Die letzte Ursache dieser Schwankungen ist völlig rätselhaft, doch glaubt Professor Brückner, dass bezüglich des Regenfalles für Europa die Schwankungen Hand in Hand mit säkularen Schwankungen des Luftdruckes gehen, diese letzteren aber sind Folge der Schwankungen der Temperatur. Die hier mitgeteilten Untersuchungen sind von der grössten Wichtigkeit, sie eröffnen ganz neue Perspektiven der weiteren Forschung, allein naturgemäss werden wir uns noch lange bescheiden müssen, genauere Einblicke zu erlangen, da die Hauptgrundlagen, nämlich lange Reihen von Temperaturbeobachtungen an möglichst vielen Orten aus früheren Zeiten, nicht in der gewünschten Ausdehnung vorhanden sind.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig.







